

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

**“APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS SEMÁNTICAS Y REALIDAD
AUMENTADA PARA REALIZAR BÚSQUEDAS DE PERSONAS,
PUNTOS DE INTERÉS Y ACTIVIDADES DENTRO DEL CAMPUS
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”**

Trabajo de titulación previo a la
obtención de título de Ingeniero de Sistemas

AUTORES:

DAVID GEOVANNY CHIMBO VEGA CI. 0104306386
PABLO ANDRÉS CONTRERAS ANDRADE CI. 0104826086

DIRECTOR:

ING. JORGE MAURICIO ESPINOZA MEJÍA CI. 0102778818

Cuenca – Ecuador

2017





David Geovanny Chimbo Vega, autor/a del Trabajo de Titulación Aplicación de tecnologías semánticas y realidad aumentada para realizar búsquedas de personas, puntos de interés y actividades dentro del campus central de la Universidad de Cuenca”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de (Ingeniero de Sistemas). El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 8 de mayo de 2017

David Geovanny Chimbo Vega

C.I: 0104306386



Pablo Andrés Contreras Andrade, autor/a del Trabajo de Titulación Aplicación de tecnologías semánticas y realidad aumentada para realizar búsquedas de personas, puntos de interés y actividades dentro del campus central de la Universidad de Cuenca”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de (Ingeniero de Sistemas). El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 8 de mayo de 2017

Pablo Andrés Contreras Andrade

C.I: 0104826086



David Geovanny Chimbo Vega, autor/a del Trabajo de Titulación “Aplicación de tecnologías semánticas y realidad aumentada para realizar búsquedas de personas, puntos de interés y actividades dentro del campus central de la Universidad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 8 de mayo del 2017

David Geovanny Chimbo Vega

C.I: 0104306386



Pablo Andrés Contreras Andrade, autor/a del Trabajo de Titulación “Aplicación de tecnologías semánticas y realidad aumentada para realizar búsquedas de personas, puntos de interés y actividades dentro del campus central de la Universidad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 8 de mayo de 2017

Pablo Andrés Contreras Andrade

C.I: 0104826086

Aplicación de tecnologías semánticas y realidad aumentada para realizar búsquedas de personas, puntos de interés y actividades dentro del campus central de la Universidad de Cuenca

David Geovanny Chimbo Vega¹, Pablo Andrés Contreras Andrade¹, Jorge Mauricio Espinoza Mejía²

¹Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Sistemas, Universidad de Cuenca,
Av. 12 de abril y Agustín Cueva, Campus Central, Ciudadela Universitaria, Cuenca, Ecuador

²Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Cuenca,
Av. 12 de abril y Agustín Cueva, Edificio Tecnológico de Ingeniería, tercer piso, Ciudadela Universitaria,
Cuenca, Ecuador

Corresponding author: {david.chimbo@ucuenca.ec, andres.contreras08@ucuenca.ec,
mauricio.espinoza@ucuenca.edu.ec}

ABSTRACT

Dos tecnologías que han presentado grandes avances en los últimos años son las tecnologías semánticas y la realidad aumentada. De las tecnologías semánticas se puede destacar que permiten modelar y almacenar la información manteniendo un alto nivel de expresividad, mejorando los procesos relacionados a la búsqueda de información. Por otro lado la realidad aumentada es una tecnología que se caracteriza por ayudar a mejorar la experiencia del usuario al realizar actividades en un contexto físico determinado ya que es capaz de combinar el entorno físico con elementos virtuales generados por computadora en tiempo real. La hipótesis que se plantea en este trabajo es que los sistemas de búsqueda semántica son un complemento ideal para las aplicaciones de realidad aumentada en donde el objetivo es buscar y visualizar la ubicación de elementos como personas, lugares, eventos etc. Para apoyar esta hipótesis en este trabajo se describe el diseño e implementación de un sistema que hace uso de las dos tecnologías mencionadas, el cual tiene por objetivo la búsqueda de lugares, actividades o personas en el contexto de la Universidad de Cuenca.

Keywords: *Ontologías, Metodología NeOn, Realidad aumentada, Búsqueda semántica, Aplicación móvil.*

1. INTRODUCCIÓN

Los dispositivos móviles (tabletas y teléfonos inteligentes), se han convertido en herramientas tecnológicas imprescindibles en la vida de muchas personas, debido a que tienen el potencial de asistir a los usuarios en muchas de sus actividades diarias, por medio de las aplicaciones móviles. Uno de los factores que ha propiciado esta situación es el rápido avance tecnológico, el cual ha permitido crear dispositivos cada vez más robustos y confiables con características tales como conectividad inalámbrica, diferentes tipos de sensores, cámaras de fotos y video, además de mejoras en la capacidad de almacenamiento y procesamiento. Dichas características han dado paso a que nuevas tecnologías puedan ser utilizadas en el contexto de los dispositivos móviles lo que permite mejorar o incluir nuevas funcionalidades en las aplicaciones móviles (Te-Lien and Lih-Juan, 2012). Dos de estas tecnologías que han presentado avances interesantes en los últimos años, son las tecnologías semánticas y la realidad aumentada. En este trabajo se plantea el uso de las tecnologías mencionadas, para crear una aplicación móvil interactiva que mejore los procesos de búsqueda y localización de elementos

de interés. En particular se pretende solucionar un problema específico, como lo es la búsqueda y localización de personas o lugares dentro de un campus universitario.

Por una parte, las Tecnologías Semánticas permiten, modelar y almacenar la información manteniendo un alto nivel de expresividad, mejorando los procesos relacionados a la búsqueda de información (Martínez-Cruz et al., 2012). Esto es una ventaja en comparación con las bases de datos tradicionales, las cuales presentan inconvenientes al intentar devolver resultados significativos y relevantes para el usuario (Sangjin et al., 2013). Por otro lado, la Realidad Aumentada, es una tecnología capaz de combinar el entorno físico con elementos virtuales generados por computadora en tiempo real, por lo que tiene el potencial de mejorar notablemente la experiencia del usuario al realizar actividades en un contexto físico determinado (Tamás, 2013), por ejemplo al tratar de ubicar lugares o personas en un área específica.

En la actualidad es posible encontrar varias aplicaciones de estas dos tecnologías por separado, en diferentes escenarios y campos de estudio como el turismo, la educación, el comercio etc., en donde han presentado resultados satisfactorios (Kounavis et al., 2012). Referente a la realidad aumentada en los últimos años se han desarrollado varias aplicaciones con el objetivo de facilitar la búsqueda y ubicación de lugares de interés como hoteles, restaurantes, etc., a través de la visualización de contenido multimedia geo-localizado (Grubert et al., 2011), entre este tipo de sistemas destacan los navegadores de realidad aumentada como Layar¹ y Wikitude². Si bien estos sistemas implementan mecanismos para que el usuario pueda especificar los elementos que desea buscar y visualizar, la mayoría utiliza técnicas tradicionales de recuperación de información basadas en búsquedas sintácticas. En este trabajo se plantea el desarrollo de una aplicación con una funcionalidad similar, pero enfocada a un dominio y área específica; incorporando además un modelo semántico para representar los datos de dominio y haciendo uso de técnicas basadas en semántica para recuperar la información, de esta manera el usuario puede delegar tareas de extracción y clasificación de información a la máquina, puesto que los datos están representados en un lenguaje formal entendible tanto por humanos como por computadores.

La hipótesis que se plantea en este trabajo es que los sistemas de búsqueda semántica son un complemento ideal para las aplicaciones de realidad aumentada en donde el objetivo es buscar y visualizar la ubicación de elementos como personas, lugares, eventos etc., ya que la integración de técnicas basadas en semántica permitiría mejorar el proceso de búsqueda de estos elementos sin la necesidad de que las consultas ingresadas por los usuarios coincidan sintácticamente con los datos almacenados.

Este artículo está organizado como se indica a continuación. Después de esta introducción, está la sección 2, en donde se presentan trabajos relacionados en el área de la realidad aumentada y en el área de las tecnologías semánticas. A continuación en la sección 3 se presentan una descripción general del sistema propuesto. En la sección 4 se describe el proceso seguido para crear el modelo ontológico que será utilizado en el sistema. Una descripción más minuciosa de las tres fases principales del sistema de búsqueda (indexación, búsqueda y ranking de consultas) y los detalles de su implementación son presentados en la sección 5. En la sección 6 se describe el proceso para la presentación de resultados con Realidad aumentada. Ejemplos de aplicación del sistema son presentados en la sección 7. Finalmente en la sección 8 se listan las conclusiones a la que se han llegado al desarrollar este trabajo.

¹<https://www.layar.com/>

²<https://www.wikitude.com/>

2. TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección se presentan los artículos más relevantes, referentes a las dos áreas de interés del presente trabajo: la realidad aumentada y las tecnologías semánticas.

2.1. Realidad Aumentada

En el área de la realidad aumentada se han desarrollado varios sistemas principalmente enfocados en la navegación al aire libre. Un ejemplo de esto es el sistema desarrollado por (Tamás and Attila, 2014), el cual está diseñado para el cementerio Kerepesi en Hungría, dicho sistema ofrece una visita guiada al cementerio el cual cuenta con tumbas de personajes famosos, de esta manera a través del sistema los usuarios obtienen información específica de las tumbas visitadas. Este tipo de aplicaciones que combinan la realidad aumentada con la geolocalización permiten obtener información detallada y filtrada sobre los lugares que nos rodean mejorando de esta manera la experiencia del usuario. Otro ejemplo se plantea dentro de la tesis de (Ortiz, 2012), donde la idea es desarrollar una aplicación móvil para mostrar a los usuarios, información acerca de ciertos lugares dentro de la Universidad Politécnica de Valencia guiado por geolocalización. Haciendo uso de una arquitectura cliente-servidor, la aplicación permite tener perfiles de usuarios los cuales pueden crear contenido que puede ser visualizado por el resto de usuarios.

Las características presentes en los sistemas de realidad aumentada como los descritos anteriormente, hacen a esta tecnología idónea para el área del turismo ya que aporta muchos beneficios al momento de brindar información a los turistas y promocionar los sitios de interés, incluso dar sugerencias de lugares basados en las preferencias de los usuarios, como propone en su artículo (Leiva, 2014), en donde se define un soporte técnico para la creación y configuración de un sistema de realidad aumentada para un destino turístico, el cual se encarga de dar sugerencias al turista basado en su perfil, ya que muchos sistemas solamente se limitan a brindar sugerencias a un grupo específico de usuarios, sin diferenciar que existen distintos grupos con distintas personalidades.

En (Zhindón and Martín, 2014) se señala que una de las desventajas de los sistemas de navegación tradicionales es que presentan la información de una manera abstracta como mapas físicos o digitales y el usuario para poder interpretar dicha información debe traducir las indicaciones que se presentan en el gráfico, para poder seguirlas en el entorno real. La realidad aumentada sin duda es una manera muy efectiva de mostrar información específica de un punto de interés detectando la ubicación actual del usuario, el ángulo de orientación del dispositivo y la dirección a la que este apunta.

El uso de la realidad aumentada puede tener un uso más técnico como (Quevedo Sacoto, 2015) señala en su tesis. El autor propone el uso de esta tecnología junto con la geolocalización para la localización de los accesorios de agua potable de la empresa EMAPAL-EP de Azogues, dando una solución al problema sobre la tardía reparación de fugas en el sistema debido al tiempo de búsqueda de los accesorios que permitan controlar el daño.

Como se observa la realidad aumentada es una tecnología que ha demostrado ser muy útil en determinados contextos donde el objetivo es facilitar la navegación y la ubicación de elementos dentro de un área determinada, siendo una tecnología idónea para ser utilizada en sistemas como el que se propone en este trabajo. A continuación se presenta el estado del arte sobre la segunda tecnología relacionada a este trabajo: la búsqueda semántica.

2.2. Búsqueda Semántica

Antes de presentar los trabajos relacionados con la búsqueda semántica es necesario aclarar los principales conceptos que en ella se implican.

El núcleo para realizar un proceso de búsqueda semántica es lo que se conoce como base de conocimientos la cual se encuentra representada por medio de ontologías. Una ontología es una definición formal, que permite almacenar conceptos, propiedades, restricciones y relaciones entre entidades, en un dominio específico. De esta forma al definir una ontología en un dominio específico los conceptos semánticos quedan establecidos de forma no ambigua.

Para aclarar más este concepto se puede recurrir a la definición propuesta por (Tello, 2001), el cual indica que, las ontologías definen conceptos y relaciones de algún dominio, de forma compartida y consensuada, y que esta conceptualización debe ser representada de una manera formal, legible y utilizable por las computadoras.

Una vez definido este elemento esencial para el proceso de búsqueda semántica, a continuación se presentan los trabajos relacionados.

En los últimos años varios grupos de investigación han realizado proyectos en los que se ha intentado aprovechar las capacidades de la búsqueda semántica en diferentes contextos, en donde se ha podido constatar el aporte que brinda esta tecnología para la obtención de resultados de búsqueda más precisos, además de proveer mecanismos para la desambiguación de las consultas en caso de ser necesario (Kara et al., 2012)

Existen diferentes tipos de sistemas de búsqueda semántica, los cuales se pueden clasificar según varios criterios. En una de las clasificaciones propuesta por (Fernández et al., 2011), se categorizan los sistemas de búsqueda semántica de acuerdo a la forma que el usuario puede expresar sus consultas, así existen sistemas basados en: consultas por medio de palabras clave, consultas en lenguaje natural, consultas en lenguaje natural controlado y consultas estructuradas basadas en lenguajes de consulta de ontologías.

En las consultas por medio de palabras clave la información a consultar es representada mediante un conjunto de términos sin expresar de manera explícita relaciones entre ellos. Por otro lado en las consultas en lenguaje natural se provee más información, ya que se expresa la consulta a través de oraciones que poseen una sintaxis y semántica definida. También están las consultas en lenguaje natural controlado en donde se añaden etiquetas a los términos de la consulta, las cuales representan propiedades, valores u objetos, facilitando el procesamiento semántico. Finalmente las consultas estructuradas basadas en lenguajes de consulta de ontologías, representan consultas en lenguajes formales es decir lenguajes creados específicamente para la interacción, en este caso, entre el usuario y la ontología, estos lenguajes poseen determinadas características de forma que los sistemas puedan extraer la información necesaria de forma automática con un alto grado de precisión.

De los diferentes sistemas de consulta, los que más popularidad presentan son los basados en palabras clave (keywords) y los basados en consultas en lenguaje natural, ya que han demostrado ser los más amigables en la interacción con el usuario (Lau and Dew, 2016). En el sistema desarrollado y descrito en este trabajo se ha optado por consultas definidas a través de palabras clave representadas mediante un lenguaje formal. El uso de palabras clave presenta un menor nivel de complejidad para el usuario, sobre todo al considerar el ingreso por medio de un dispositivo móvil en donde el espacio es un factor importante a considerar. Además este tipo de consultas requieren una menor cantidad de tiempo para su ingreso, en comparación con

las otras alternativas.

En esta propuesta, el sistema de búsqueda tiene como objetivo generar y seleccionar un conjunto de consultas formales, es decir consultas definidas en un lenguaje formal para ontologías, derivadas de un conjunto de palabras clave.

Uno de los primeros sistemas de este tipo es el presentado por (Lei et al., 2006). En este sistema el conjunto de palabras clave ingresado por el usuario se transforma a consultas en lenguajes formales, las cuales posteriormente son ejecutadas para obtener los resultados finales. El sistema en primer lugar trata de interpretar el significado semántico de las palabras clave ingresadas por el usuario para lo cual se realiza un proceso de emparejamiento o mapeo entre las palabras clave con los recursos presentes en la ontología (conceptos, instancias y propiedades), después por medio de plantillas predefinidas se transforma este conjunto de recursos semánticos en un grupo de consultas en un lenguaje formal. Posteriormente estas consultas son ejecutadas sobre el repositorio de datos, obteniendo un conjunto de resultados posibles, que luego son ordenados según ciertos indicadores que tratan de determinar cuáles son los resultados que más se acerquen a la intención de búsqueda del usuario. Un inconveniente que presenta este sistema es que el usuario debe conocer el esquema de datos de forma que las palabras clave ingresadas se puedan emparejar con los recursos en la ontología. Además el sistema requiere que el usuario indique en su consulta a qué clase o concepto pertenece el elemento que está buscando. En este trabajo se emplean plantillas similares a las propuestas por (Lei et al., 2006), ya que permiten construir consultas complejas en base a reglas simples entre dos entidades semánticas, definidas en las plantillas. De esta manera se puede controlar el tipo de relaciones que serán consideradas al momento de construir las consultas.

En (Mukhopadhyay et al., 2011), se presenta un sistema de búsqueda semántica que intenta entregar resultados exactos. El sistema se basa en identificar relaciones entre entidades semánticas, para lo cual primero se extraen términos de la consulta del usuario, que se correspondan con clases o instancias en la ontología, entonces se buscan relaciones entre dichos términos, a través de los axiomas range y domain, presentes en las propiedades de la ontología. Si no existe una relación directa en la forma rango y domino, se extiende la búsqueda por el árbol de la ontología. Una vez encontrada las propiedades que enlazan los términos, se puede recuperar la instancia a la que se refieren por medio de un proceso de mapeo. En este sistema también se toman en cuenta sinónimos de los nombres de las clases al momento de realizar la búsqueda lo que permite abarcar más términos de los que originalmente se encuentran en la ontología. Uno de los inconvenientes encontrados en este enfoque es que al intentar entregar un solo resultado al usuario se puede dejar de lado varias interpretaciones que también pueden ser válidas.

Como se puede observar en los sistemas descritos en los párrafos anteriores, todos incluyen una fase previa de indexación de entidades o recursos semánticos, esto permite identificar y recuperar dichas entidades de forma más eficiente.

Existen también otros sistemas como los presentados por (Bansal and Chawla, 2014) y (Fernández et al., 2011), los cuales aceptan como entrada consultas en lenguaje natural. Dichas consultas poseen una estructura más compleja en comparación a los conjuntos de palabras clave, por lo que para traducir dichas consultas a lenguajes formales (p.ej. SPARQL³) se utilizan

³<https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>

frameworks o librerías especializadas como PowerAqua⁴ y QUEPY⁵.

2.3. Trabajos que combinan Realidad Aumentada con Tecnologías Semánticas

Específicamente en el contexto móvil, se han encontrado varias propuestas, en las cuales se combinan las características tanto de las tecnologías semánticas como de la realidad aumentada. Uno de los ejemplos más destacados de este tipo de sistema es el presentado por (Tamás and Attila, 2014), en donde el objetivo es proporcionar una aplicación que permita mejorar la navegación en un cementerio. Por medio de una aplicación móvil el sistema muestra información útil sobre personajes históricos fallecidos y la ubicación de sus tumbas. Como base de conocimiento para este sistema se ha construido una ontología que enlaza varios conjuntos de datos públicos relevantes. La aplicación extrae los datos necesarios desde la base de conocimiento y los visualiza por medio de la aplicación móvil con una vista de realidad aumentada, que incluye elementos como cuadros de información virtuales, marcadores de posición y radares. De manera similar a esta aproximación se tiene otras aplicaciones como la presentada en (Nixon et al., 2012) y (van Aart et al., 2010) en donde el principal objetivo es enlazar lugares físicos, objetos y personas a contenido digital. Para esto se hace uso de fuentes de información presentes en la web semántica, como lo son los conjuntos de datos públicos, de donde se extrae información relevante según el contexto, para ser mostrada en la aplicación por medio de vistas de realidad aumentada. También existen proyectos relacionados a otras áreas, aparte del turismo, como por ejemplo el sistema creado por (Hervás et al., 2013), en donde por medio de una aplicación móvil de realidad aumentada se brinda asistencia al usuario en sus actividades diarias. La aplicación busca proveer información de determinados elementos del entorno, personalizada de acuerdo a las necesidades de cada usuario. Para, lograr esto los autores proponen una arquitectura que combina el uso de la realidad aumentada con ontologías. En las evaluaciones y pruebas realizadas el sistema ha obtenido puntajes altos respecto a la satisfacción del usuario, considerando tanto la experiencia al manejar la aplicación como la entrega de información adaptada a sus necesidades.

En la mayoría de los proyectos mencionados se proponen arquitecturas de tipo cliente-servidor, en donde el almacenamiento de la base de conocimiento y las operaciones de procesamiento semántico, razonamiento e inferencia, se realizan en un servidor, por lo que la aplicación móvil únicamente cumple funciones relacionadas a la interacción con el usuario.

Mientras que por otro lado también existen proyectos como los de (Descamps-Vila et al., 2011) y (Yus et al., 2013), en los que se intenta adaptar determinadas herramientas con el objetivo de usar y procesar la información semántica directamente en los dispositivos móviles. Sin embargo, como se menciona en dichos trabajos, estos sistemas requieren un gran esfuerzo adicional en su implementación, además el rendimiento que se obtiene es muy reducido en comparación a los sistemas que usan las tecnologías semánticas en el servidor. Por las razones expuestas el sistema propuesto en este trabajo, adoptó una arquitectura cliente-servidor, evitando así sobrecargar al dispositivo móvil con tareas de procesamiento, y de esta manera no repercutir en el rendimiento de la aplicación.

A más del diseño en la arquitectura del sistema propuesto, este trabajo ha sido influenciado por varias de las características y componentes que implementan varios de los proyectos descritos en esta sección. En las siguientes secciones se presenta una descripción detallada del sistema propuesto y su funcionamiento.

⁴<http://technologies.kmi.open.ac.uk/poweraqua/>

⁵<http://quepy.machinalis.com/about.html>

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

En esta sección se presenta la arquitectura del sistema y se describe de forma general, los pasos básicos que se realizan desde que el usuario ingresa la consulta hasta que obtiene los resultados. En las secciones siguientes se describen con mayor detalle, los principales componentes del sistema.

3.1. Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema sigue el modelo cliente-servidor, como se muestra en la figura 1, en donde como cliente está la aplicación móvil, que es la encargada de la interacción del sistema con el usuario, permitiendo básicamente el ingreso de las consultas y la posterior visualización de los resultados. Una de las principales características del sistema, en el lado del cliente, es el uso de elementos de realidad aumentada que permiten mejorar la interacción de las personas al utilizar la aplicación. Por otro lado está el servidor en el cual se realiza el proceso de búsqueda semántica a partir de las palabras clave ingresadas por el usuario.

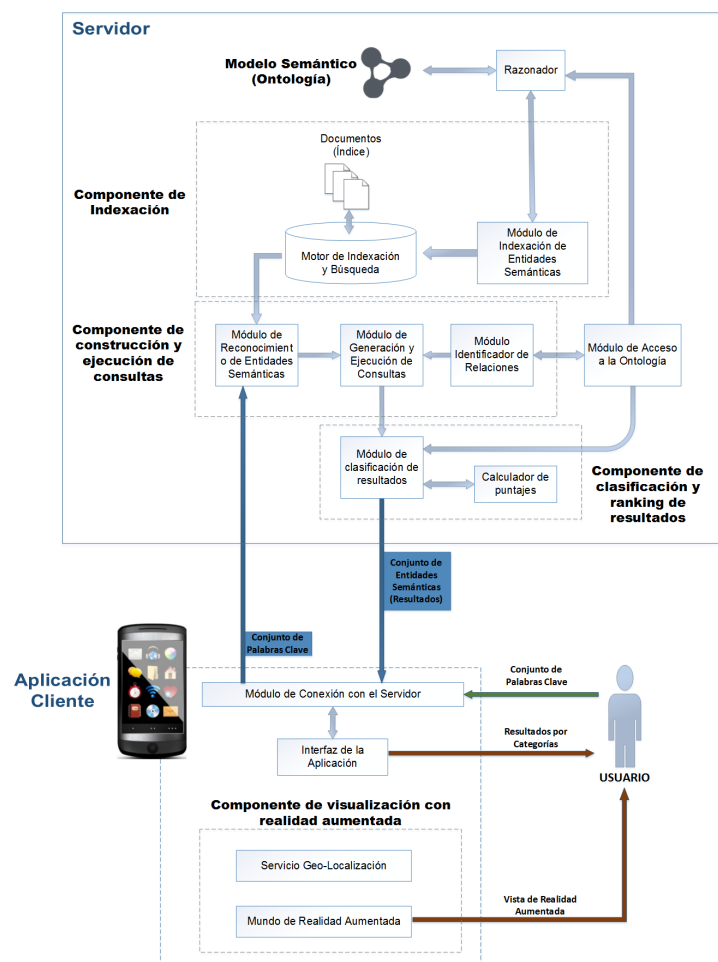


Figura 1. Arquitectura del Sistema

En la arquitectura del sistema, podemos observar que existen varios módulos, los cuales han sido agrupados en 5 componentes principales.

1. El modelo semántico (Ontología).
2. El componente de indexación.

3. El componente de construcción y ejecución de consultas.
4. El componente de clasificación y ranking de resultados.
5. El componente de visualización con realidad aumentada.

Los primeros cuatro componentes, se encuentran implementados del lado del servidor, mientras que el quinto en la parte del cliente a través de la aplicación móvil.

A continuación se describe de forma general la función que realiza cada uno de estos componentes dentro del sistema.

3.2. Descripción del funcionamiento del sistema

El **modelo semántico** es el núcleo del sistema, ya que es donde se encuentra representada y especificada de manera formal, la información acerca de puntos de interés, actividades y personas en el contexto de la Universidad de Cuenca. Dado que se trata de un modelo semántico, no solo se encuentra almacenados datos y conceptos si no también relaciones y restricciones sobre los mismos. Esta información es la que permite posteriormente realizar las búsquedas semánticas. El modelo semántico es la ontología de la Universidad de Cuenca, la cual ha sido desarrollada y modelada siguiendo el proceso descrito en la sección 4. Una vez obtenido el modelo semántico, es posible realizar los procesos de búsqueda semántica sobre la información almacenada en este.

Además del modelo semántico y previo al funcionamiento del sistema de búsqueda es necesario crear un índice de las entidades semánticas presentes en la ontología. El **componente de indexación** es el encargado de realizar esta tarea. Este índice es utilizado posteriormente, por el componente de **construcción y ejecución de consultas**, el cual toma como entrada las palabras clave ingresadas por el usuario y retorna un conjunto de entidades semánticas como posibles resultados. Para lograr esto se siguen los pasos descritos a continuación:

- Primero se realiza el **reconocimiento de entidades semánticas**, este proceso toma como entrada las palabras clave ingresadas por el usuario y retorna varios conjuntos de entidades semánticas. Cada conjunto corresponde a una palabra clave y se obtiene tratando de emparejar la palabra clave con uno o varios conceptos, instancias o propiedades de la ontología. Para esto se hace uso del índice previamente construido.
- A partir de los conjuntos de entidades semánticas, se da paso al proceso de **generación de consultas formales**, en donde se toma un elemento de cada conjunto y se forma un grupo, creando de esta manera varias combinaciones que representan posibles interpretaciones a las palabras clave ingresadas por el usuario.
- A partir de aquí se analiza independientemente cada grupo de búsqueda, siguiendo el proceso explicado a continuación:
 - Para cada grupo el primer paso es la **identificación de los conceptos centrales de la búsqueda** es decir a qué clase pertenece el elemento que está buscando el usuario.
 - Posteriormente se realiza el proceso de **identificación de relaciones semánticas**, para tratar de encontrar relaciones relevantes entre todos los elementos del grupo de búsqueda.
 - Luego se procede con la **creación de grafos de consulta**, tomando como nodo central al concepto central y a partir de este se intenta enlazar las demás entidades semánticas del conjunto a través de las relaciones semánticas encontradas.

- Una vez se encuentra un grafo que enlace todas las entidades del grupo, y con la ayuda de un conjunto de plantillas predefinidas, se da paso a la **creación de las consultas formales** en el lenguaje SPARQL. Cada una de estas consultas es una posible interpretación de la intención de búsqueda del usuario.
- Finalmente por medio de un motor de **ejecución de consultas**, se ejecutan las consultas generadas de todos los grupos analizados, obteniendo un conjunto de instancias, que representan las posibles soluciones a la consulta del usuario.

Para el siguiente paso entra en funcionamiento el **componente de clasificación y ranking de resultados**, el cual toma el conjunto de instancias resultado, y las clasifica según la jerarquía de conceptos de la ontología, agrupando las instancias que pertenecen a un mismo concepto. Además aquí también se realiza un ordenamiento de los resultados, de manera que se intentan colocar en primer lugar los resultados que se consideran más relevantes según la consulta ingresada por el usuario. Una vez finalizado este proceso se procede a enviar una estructura de datos que contiene todos los resultados ya ordenados y categorizados, al dispositivo móvil.

El objetivo de estructurar los resultados de esta forma, es que el usuario pueda navegar por estos, siguiendo la jerarquía de conceptos de la ontología desde los conceptos más generales hasta los más específicos. En la aplicación móvil cuando ya se ha recuperado esta información, el usuario tiene la opción de visualizar, por medio de una vista de realidad aumentada, la ubicación de todos los resultados de la búsqueda, para lo cual se utiliza el **componente de visualización con realidad aumentada**. Este componente genera la vista de realidad aumentada, la cual toma como entrada la imagen en tiempo real obtenida desde la cámara del dispositivo, y sobre esta se añaden etiquetas, con la descripción o nombre de cada uno de los resultados, ubicadas en su posición correspondiente, de esta forma el usuario puede visualizar en la pantalla del dispositivo la ubicación de los diferentes resultados de la búsqueda, siempre y cuando se encuentre en el rango de visión de la cámara.

A continuación, en las secciones siguientes se describe con un nivel de detalle mayor los principales componentes presentados en esta sección.

4. MODELO ONTOLÓGICO

El núcleo del sistema es el modelo ontológico u ontología, ya que es utilizado en varias de las operaciones, tanto en el proceso de indexación como en el de búsqueda. Por ejemplo, en la etapa de indexación de entidades semánticas es utilizado como fuente de datos, en la fase de construcción de consultas se usa para identificar las relaciones existentes entre las entidades semánticas e incluso se utiliza para la visualización de resultados ya que permite agrupar las instancias de acuerdo a las clases y subclases correspondientes, permitiendo al usuario navegar por los resultados de la búsqueda sin una sobrecarga de ítems. Para propósitos de este sistema el dominio del modelo ontológico es la Universidad de Cuenca. A continuación se describe el proceso seguido para su construcción, y se presenta el resultado final obtenido.

4.1. Selección de la metodología a seguir

Actualmente existen varias metodologías propuestas que sirven de guía para los desarrolladores durante el proceso de diseño y creación de la ontología. En este trabajo se ha optado por seguir la metodología NeOn (Suárez-Figueroa, 2010), ya que proporciona una guía con los pasos más importantes del proceso de ingeniería ontológica. Además que se trata de una metodología flexible ya que no establece un flujo de trabajo rígido, sino sugiere nueve

escenarios que representan las situaciones más comunes que se presentan al momento de crear una ontología, de los cuales se elige el que más se adapte a las necesidades de cada caso en particular.

A continuación se presentan los pasos principales que se han seguido para la creación de la ontología, siguiendo la metodología NeOn:

4.2. Especificación de requerimientos de la ontología

Como primer paso para la creación de la ontología, es necesario realizar un adecuado proceso de identificación de requerimientos. Para lo cual la metodología NeOn, propone la creación de un Documento de Especificación de Requerimientos de la Ontología (DERO). Este documento tiene por objetivo identificar que conocimiento en particular se debe almacenar en la ontología, facilitar el reusó de recursos existentes y permitir la verificación de la ontología con respecto a los requerimientos que la ontología debería cumplir. En las tablas 1 y 2 se puede observar parte del DERO definido para la creación de la ontología de la Universidad de Cuenca.

Tabla 1. Documento de Especificacion de Requisitos - Secciones 1 a 3

1	Propósito
	El propósito de construir la Ontología de la Universidad de Cuenca, es crear un modelo de conocimiento, que permita describir y representar conceptos y relaciones dentro del dominio universitario. Dicho modelo será usado para responder consultas sobre la ubicación, en un momento determinado, de personas que formen parte de la universidad, así como también la localización de actividades, eventos o cualquier punto de interés ubicado dentro del campus universitario. Además el modelo debe almacenar la información necesaria, que permita determinar a qué concepto se refiere la consulta, cuando existan ambigüedades.
2	Alcance
	<p>La ontología está enfocada en obtener información relacionada a la ubicación de actividades, eventos, sitios de interés o personas que forme parte de la universidad, por lo que es necesario almacenar información de diversa índole dentro del contexto universitario. Entre la información que se debe almacenar se encuentra:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Organización administrativa y académica. ■ Ubicación física de los Puntos de interés dentro de la universidad. ■ Diferentes tipos de actividades que se realizan dentro la universidad. ■ Personas que pertenecen o forman parte de la universidad. <p>El nivel de detalle de la información almacenada debe ser lo suficientemente alto para que permita desambiguar las consultas en caso de ser necesario, lo cual queda determinado según las preguntas de competencia.</p>
3	Lenguaje de Implementación
	El lenguaje de implementación de la ontología es OWL/XML.

Tabla 2. Documento de Especificacion de Requisitos - Secciones 4 a 6

4	Usuarios Finales Previstos
	<p>Los usuarios finales son personas que deseen consultar la ubicación de un determinado punto de interés o que quieran localizar ya sea personal académico o administrativo, dentro de la universidad. Este grupo de usuarios se pueden dividir en dos categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Usuario 1. Personas ajenas a la Universidad. ■ Usuario 2. Personas que pertenecen a la Universidad
5	Usos Previstos
	<p>Consultar información referente a la ubicación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Puntos de interés dentro del campus universitario. ■ Personal académico y personal administrativo. ■ Cursos, Seminario, Talleres y Eventos.
6	Requerimientos de la Ontología
	a. Requerimientos No Funcionales
	<p>En lo posible la ontología debe basarse en la reutilización de vocabularios existentes. El idioma de los conceptos y relaciones de la Ontología debe ser el español.</p>
	b. Requerimientos Funcionales – Preguntas de Competencia
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puntos de Interés: <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Cuál es la localización (latitud, longitud, nivel) del punto de Interés? (2.9000,2.8890,1), ... 2. Personas <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Cuál es el nombre de la persona? Personal Ac. 1, Personal Ac. 2, ... 2.1 Personal Académico y Administrativo <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿A qué facultad pertenece el profesor/investigador? Facultad de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, ... 3. Organización académica y administrativa <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿A qué organismo pertenece el departamento / centro / comisión / instituto / asociación / grupo / comisión / consejo / dirección? Facultad de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, ... 4. Eventos <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿En qué lugar se realiza el evento? Sala de Audiovisuales, ...

El propósito alcance y lenguaje de implementación se eligieron en base a un análisis previo del sistema a desarrollar, de forma que estas definiciones queden alineadas con los requerimientos del sistema de búsqueda semántico en donde va a ser utilizada la ontología. De manera similar los usuarios finales y los usos previstos se determinaron a partir de las personas que les interesa utilizar la aplicación y las funcionalidades que debe proveer el sistema.

Por otro lado, para la especificación requerimientos funcionales, se utilizó el método de preguntas de competencia. En donde se generan una serie de preguntas que la ontología deberá ser capaz de responder. Para esto primero se realizó un análisis sobre el contexto universitario para tratar de identificar qué información es necesaria para determinar la ubicación de una persona ya sea estudiante, personal académico o administrativo dentro de la universidad y también que información resultaría útil en caso de presentarse ambigüedades. Se tomó como referencia información sobre la estructura institucional y administrativa de la Universidad, así como también el documento de la Ley Orgánica de Educación Superior, específicamente para las preguntas relacionadas a las actividades que realiza el personal académico y administrativo dentro de la universidad. Como resultado de este proceso se plantearon 77 preguntas de competencia, clasificadas en las siguientes categorías:

- **Puntos de Interés:** Analizando las preguntas de competencia es posible que el usuario busque la ubicación, tipo o descripción de ciertos puntos de interés dentro de la ontología. Por lo que en esta categoría se identifican las ubicaciones importantes dentro de la Universidad, tales como edificios, oficinas, auditorios, etc.
- **Información de Contacto:** Dentro de esta categoría se encuentran información de contacto de las personas que realizan funciones de docencia, funciones de investigación o funciones administrativas dentro de la Universidad.
- **Organización Administrativa y Académica:** En esta categoría se encuentran conceptos referentes a la estructuración interna de la universidad en el contexto académico, así como también la organización administrativa de las distintas facultades, carreras y otros organismos de la Universidad.
- **Investigación y Proyectos:** Abarca los conceptos relacionados a proyectos, publicaciones y actividades de investigación que se realizan en la Universidad.
- **Eventos:** En esta categoría se encuentran conceptos sobre los diferentes tipos de eventos que se realizan dentro de la Universidad.

Una vez obtenidas las preguntas de competencia, se realiza la creación del pre-glosario de términos (Tabla 3), el cual es construido a través de la extracción de la terminología presente en cada pregunta y su frecuencia. El objetivo de crear este glosario de términos es determinar los elementos que deberán ser creados en la ontología.

Tabla 3. Documento de Especificación de Requisitos – Sección 7

7. Pre-Glosario de Términos			
a. Términos desde las preguntas de competencia			
Punto de Interés	6	Curso	4
Zona/Bloque	2	Seminario	4
Edificio	2	Evento	4
Localización	1	Tipo de investigador	1
Profesor	13	Horario	4
Investigador	13	Oficina	3
Dirección	2	Secretaría	2
Entidad (Organismo)	5	Carrera	5
Nombre	7	Programa de posgrado	2
Teléfono	1	Periodo lectivo	1
Correo Electrónico	1	Materia	3
Facultad	6	Director	2
Clase	4	Actividad de Gestión Académica	3
Cargos	2	Idioma	1
Periodo del cargo	1	Servicio Universitario	1
Departamento	3	Congreso	2
Proyecto	2	Fecha	2
Proyecto de Investigación	2	Hora	1
Taller	4		
b. Términos desde las respuestas a las preguntas de competencia			
Facultad de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, ...			1
Edificio de la Facultad de Ingeniería, PROMAS, ...			3
Proyecto 1, Proyecto2, ...			2
Clase1, Clase2, ...			1
Idioma 1, Idioma 2, ...			1
Edificio de la Facultad de Ingeniería, PROMAS, ...			4
Persona 1			7
c. Objetos			
Proyecto 1, Proyecto2, ...			
Clase1, Clase2, ...			
Facultad de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, ...			
Edificio de la Facultad de Ingeniería, PROMAS, ...			
Oficina 312, Oficina 300, ...			

4.3. Modelamiento de la ontología

Una vez definido el Documento de Especificación de Requerimientos de la Ontología, es necesario elegir cuál o cuáles de los escenarios propuestos por la metodología NeOn elegir. En este trabajo se utilizaron dos escenarios, lo cuales son:

- Escenario 2. Reutilización y reingeniería de los recursos no ontológicos.
- Escenario 6. Reutilización, fusión y re-ingeniera de los recursos ontológicos.

El escenario 2 fue elegido debido a que gran parte de la información a ser modelada, se encuentra en formato de texto plano, por lo que es necesario realizar el proceso de re-ingeniería

para convertirla en recursos ontológicos. Mientras que el escenario 6 fue seleccionado debido a que existen varios recursos ontológicos disponibles, que pueden ser reutilizados y fusionados para ser utilizados en la ontología planteada en este trabajo, pero requieren una fase previa de reingeniería de forma que se adapten a las necesidades particulares del sistema propuesto.

A continuación se describen las actividades realizadas, siguiendo los pasos descritos en la metodología NeOn para los dos escenarios mencionados:

4.3.1. Búsqueda de recursos ontológicos

En este paso se ha realizado la búsqueda de recursos ontológicos disponibles, tomando en cuenta cada una de las categorías especificadas en el DERO. Como resultado se obtuvo un conjunto de ontologías candidatas para cada categoría mencionada.

4.3.2. Comparación de ontologías

El siguiente paso fue la comparación, entre las ontologías encontradas para cada categoría, con el objetivo de seleccionar las más adecuadas. En la Tabla 4 se puede observar algunas de las ontologías candidatas y los criterios considerados para realizar la comparación.

Para calificar cada uno de estos criterios se usó un rango de valores cualitativos en donde:

- **Si-Totalmente (Si-T).** Indica que la ontología candidata cumple de manera exacta con el criterio calificado.
- **Si-Parcialmente (Si-P).** Indica que la ontología candidata cumple de manera parcial con el criterio calificado.
- **No (N).** Indica que la ontología candidata no cumple con el criterio calificado.
- **Desconocido (D).** Indica que la ontología candidata no tiene documentación suficiente para determinar si es válida o no para ser reutilizada dentro del criterio calificado.

Tabla 4. Ejemplo de comparación de ontologías para la categoría puntos de interés

Ontologías Candidatas	Criterios			
	Alcance Similar	Propósito Similar	Requerimientos no funcionales cubiertos	Requerimientos Funcionales cubiertos
wail http://www.eyrie.org/~zednenem/2002/wail/wail.rdf	Si-P	Si-P	N	Si-P
Semantic Web Technology Evaluation Ontology (SWETO v2.2) :http://lsdis.cs.uga.edu/proj/traks/ontologies/ontology_9.owl	Si-P	N	N	Si-P

Las ontologías que se consideraron no útiles en el proceso de reutilización, son aquellas que no cumplieron con los criterios “Alcance similar” y/o “Propósito similar” y/o “Requerimientos Funcionales cubiertos”.

4.4. Selección de ontologías

Para seleccionar las ontologías más adecuadas para ser reutilizadas en el modelo ontológico a crear, se usó la tabla propuesta por (Suárez-Figueroa, 2010), la cual permite dar una puntuación a cada ontología, en base a ciertas características no funcionales. En la Tabla 4 se encuentra a manera de ejemplo las características y su evaluación para las ontologías encontradas sobre puntos de interés:

Tabla 5. Calificación de Ontologías Candidatas

Criterio	Peso	Valores						
		Wail	space-basic	umbc	umbc-ite	basic geo vocab	rooms	VIVO-ISF
Costo de Reutilización								
Costo Económico de Reúso	-9	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo requerido para el Reúso	-7	1	1	1	1	1	1	1
Esfuerzo de Comprensión								
Calidad de Documentación	8	3	3	3	3	3	3	3
Disponibilidad de Conocimiento Externo	7	2	2	2	2	3	3	3
Claridad del Código	8	3	3	3	3	3	3	3
Esfuerzos de Integración								
Adecuación de extracción de conocimiento	9	2	2	2	2	3	3	2
Adecuación de convenciones de nombrado	5	3	3	3	3	3	3	3
Adecuación del lenguaje de implementacion	8	3	3	3	3	3	3	3
Conflictos de Conocimiento	-8	2	1	1	1	2	1	2
Adaptación al razonador	5	2	2	2	2	2	2	2
Necesidad de términos puente	-7	1	1	1	1	3	1	2
Confiabilidad								
Disponibilidad de Pruebas	8	1	2	1	1	3	2	2
Soporte Teórico	8	2	3	2	2	3	2	3
Reputación del Equipo de Desarrollo	8	2	3	3	3	3	3	3
Fiabilidad de Documentación	3	3	3	3	3	3	3	3
Apoyo Práctico	6	1	3	2	2	3	2	2
	TOTAL	0.96	1.65	1.39	1.39	1.23	1.67	1.18

Para determinar las ontologías que finalmente van a ser reutilizadas, fue necesario crear una tabla como la presentada en la Tabla 5, para cada una de las categorías identificadas, y en base a las calificaciones obtenidas se escogieron las más apropiadas. Una vez realizado este proceso, se pudo seleccionar el grupo de ontologías más adecuado, tal y como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Ontologías seleccionadas por categoría

Categoría	Ontología
Puntos de Interés	rooms
	VIVO-ISF
Información de Contacto	vcard
Organización Administrativa y Académica	VIVO-ISF
	Univ-bench Ontology
Investigación y Proyectos	VIVO-ISF
	university-ont
Eventos	VIVO-ISF
	LODE

4.5. Adaptación y fusión de las ontologías seleccionadas

Una vez obtenidas las ontologías a ser reutilizadas, fue necesario seguir un proceso de reingeniería en donde para cada ontología se extrajeron los conceptos y relaciones útiles para la creación de la ontología de la Universidad de Cuenca. Adicionalmente se realizaron

modificaciones sobre varias de las relaciones, presentes en dichas ontologías, para que concuerden con el contexto de la Universidad de Cuenca. Por ejemplo en el caso de los lugares y personas, fue necesario agregar la propiedad foto, para almacenar la imagen correspondiente. De igual forma en los conceptos referentes a organizaciones se adiciono la propiedad sigla, ya que este dato es común encontrarlo en la descripción de organizaciones dentro de la Universidad de Cuenca.

Otro de las actividades dentro del proceso de reingeniería fue el agregar anotaciones sobre los conceptos y propiedades de las ontologías, con el objetivo de especificar el nombre o descripción de dichos elementos en idioma español, debido a que la mayoría de las ontologías a reutilizar se encontraron en idioma inglés.

4.6. Búsqueda de recursos no ontológicos

Como siguiente paso, se realizó una búsqueda de recursos no ontológicos, para modelar ciertas partes de la ontología que no pudieron ser cubiertas por los recursos ontológicos encontrados en los pasos anteriores. La principal fuente de información encontrada fue la página web de la Universidad de Cuenca⁶, ya que aquí se encuentra la información sobre la estructura institucional y administrativa de la Universidad. Otro recurso utilizado es el documento de la Ley Orgánica de Educación Superior, en donde se encuentra información relacionadas a las actividades que realizan el personal académico y administrativo dentro de la universidad.

4.7. Transformación de los recursos no ontológicos en ontologías

Con la información obtenida del paso anterior, en este paso se realizó la creación de conceptos y propiedades para completar el modelo ontológico de la Universidad de Cuenca. Por ejemplo fue necesario crear conceptos para describir grupos, actividades administrativas y proyectos que se realizan dentro de la universidad, así como también varios conceptos para tipo de lugares específicos como auditorios, salas de cómputo, salas de audiovisuales entre otros.

En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se encuentra el diagrama de la ontología creada, siguiendo los pasos descritos anteriormente.

⁶<https://www.ucuenca.edu.ec/>



Figura 3. Relaciones entre conceptos de la ontología de la Universidad de Cuenca (Parte 2)

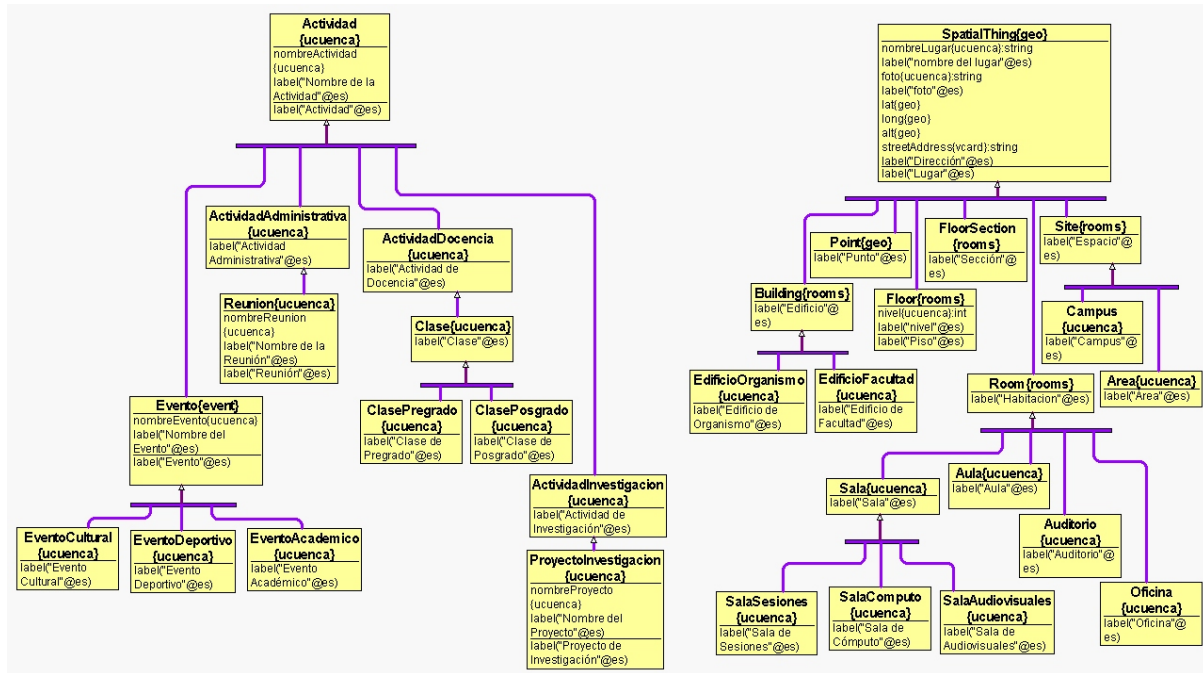


Figura 4. Jerarquía de conceptos de la ontología de la Universidad de Cuenca (Parte 1)

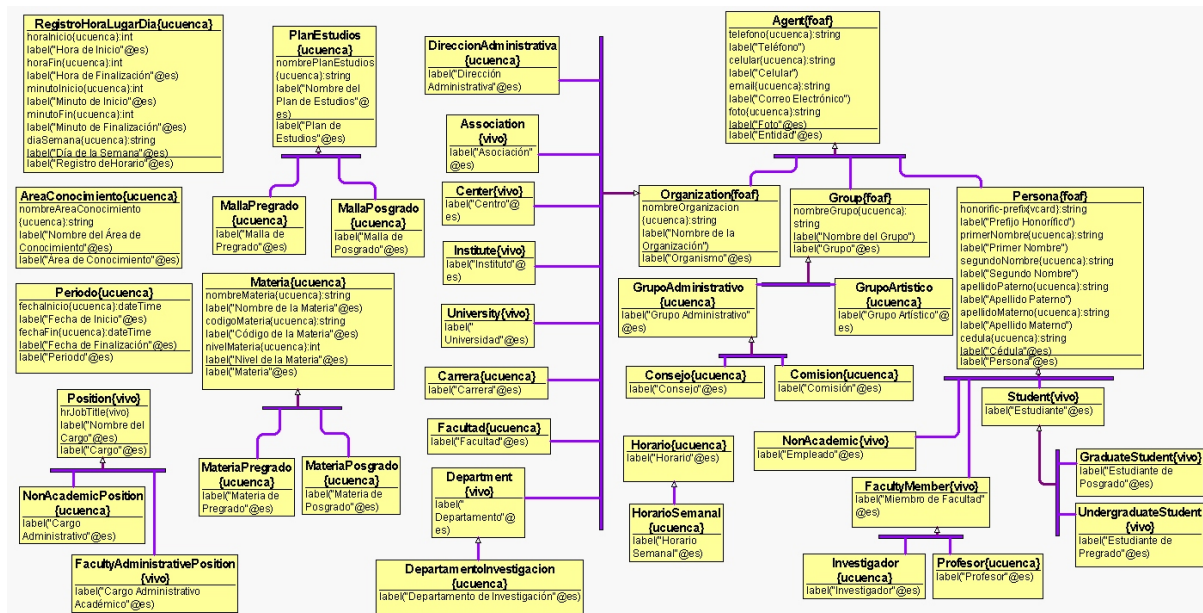


Figura 5. Jerarquía de conceptos de la ontología de la Universidad de Cuenca (Parte 2)

5. FASES DE LA BUSQUEDA SEMANTICA

Para realizar el proceso de búsqueda semántica se sigue una serie de pasos tal como se describió en la sección 3. En esta sección se presenta una descripción más detallada de las actividades realizadas por los diferentes componentes del sistema involucrados en este proceso.

5.1. Indexación de las Entidades Semánticas

Una de las primeras tareas a realizar en la etapa de búsqueda, requiere identificar a que entidades semánticas el usuario se refiere con cada una de las palabras clave ingresadas. Para facilitar dicho proceso fue necesario crear en una etapa previa (etapa de indexación), un índice de entidades semánticas a partir de la información contenida en la ontología. Este índice almacena datos relevantes de cada entidad semántica, con el objetivo de posteriormente facilitar su identificación y recuperación. Al ejecutar esta fase es necesario tener la ontología previamente creada y poblada. Esta fase únicamente entra en funcionamiento la primera vez que se carga la información en el sistema y cada vez que sea necesario actualizar o modificar la información existente.

Para determinar la información a almacenar en el índice, se consideró la propuesta presentada por (Bobed et al., 2013), en donde en la ontología se ha marcado por medio de anotaciones las propiedades relevantes para cada concepto o instancia. De esta manera se evita que el índice se sobrecargue con información que puede resultar trivial para el sistema.

Específicamente el índice registra un identificador y dos campos adicionales para cada una de las entidades semánticas (conceptos, instancias y propiedades) presentes en la ontología. Como identificador se almacena las URIs de las entidades semánticas y este valor es el que se retorna cuando el motor de indexación y búsqueda determina que las palabras clave consultadas corresponden a una entidad semántica registrada en el índice. El primer campo descriptivo almacena el tipo de entidad semántica, es decir si se trata de un concepto, una propiedad o una instancia. Mientras que el segundo campo registra el nombre o la descripción de la entidad semántica definido en la ontología por medio de la anotación “label@es”. Esta es la información que el motor de indexación y búsqueda utilizará para emparejar las palabras clave consultadas con las entidades semánticas. En el caso de las entidades semánticas tipo instancia, también se almacenan los valores de las propiedades de datos que poseen. Para esto, en la ontología se ha marcado por medio de la anotación “anotIndexacion”, las propiedades de datos relevantes para cada concepto.

De manera similar el sistema utiliza anotaciones para determinar la información que se visualizará al usuario como se explica más adelante en la sub-sección categorización de resultados.

Debido a que cada una de las palabras clave ingresadas por el usuario, puede devolver varias entidades semánticas, antes de pasar al siguiente paso, es necesario crear varios grupos de búsqueda que tomen en consideración solo una posible interpretación de cada palabra clave a la vez. De forma que al final se crean tantos grupos de búsqueda como sean necesarios para considerar todas las posibles combinaciones.

5.2. Construcción de las consultas formales

El módulo encargado de la generación de consultas formales toma como entrada cada uno de los grupos de búsqueda, identificados en el paso previo y entrega como resultado una o varias consultas en el lenguaje SPARQL, cada consulta representan una interpretación diferente de la intención de búsqueda del usuario.

Para lograr este objetivo primero es necesario identificar el concepto central de la búsqueda es decir a que clase pertenecen la o las instancias que el usuario está buscando. Debido a que la aplicación está enfocada únicamente en la búsqueda de lugares, personas o actividades dentro de la Universidad, el conjunto de conceptos centrales de búsqueda posibles queda limitado por los conceptos Lugar, Persona, Actividad, y las subclases de estos. Entonces para determinar el concepto central de la búsqueda, se busca en el grupo de entidades semánticas si alguna de ellas coincide con uno de los conceptos de búsqueda posibles. Si se encuentra más de un concepto central de búsqueda, entonces se realiza un proceso de construcción de consultas independiente por cada uno de ellos.

Una vez identificado el concepto central de búsqueda, el siguiente paso es tratar de determinar si el resto de entidades semánticas del conjunto, se pueden relacionar de alguna manera con este concepto. Para esto se han definido un conjunto reglas (Tabla 7) en donde dadas dos entidades semánticas se especifica las condiciones que deben cumplirse para determinar si existe una relación válida entre ellas. De esta manera tomando combinaciones de dos en dos entidades semánticas, se pueden relacionar todas las entidades del conjunto siempre y cuando se encuentren relaciones válidas. El enfoque escogido para lograr este propósito se apoya en la utilización de grafos. En donde los nodos representan a las entidades semánticas, y las aristas representan a las relaciones válidas. El nodo origen del grafo es el concepto central y a partir de este se extiende hacia las demás entidades semánticas consideradas, tomando en cuenta que para enlazar las entidades debe existir una relación válida. Al final si se puede crear un grafo que una todas las entidades semánticas consideradas, a través de relaciones válidas, sin dejar ninguna entidad suelta, entonces se considera como un grafo válido y a partir de este se procede a construir una consulta en un lenguaje formal como lo es SPARQL, para esto se hace uso de plantillas que determinan las sentencias SPARQL que se crearán y enlazarán, según la relación previamente encontrada entre las entidades. En la Tabla 8 se detalla las sentencias SPARQL que se han definido para cada relación.

Tabla 7. Reglas de validación de relaciones entre dos entidades semánticas

Tipo de entidades semánticas involucradas	Nombre de la Relación identificada	Descripción gráfica	Descripción de la regla para validar la relación
Concepto (C1) – Concepto (C2)	CC		Si existen instancias del Concepto C1 que tengan una o varias relaciones con instancias del Concepto C2.
Concepto (C1) – Instancia (I1)	CI (o IC)		Si la Instancia I1 es del tipo indicado por el Concepto C1.
Concepto (C1) – Instancia (I1)	CPI (o IPC)		Si la Instancia I1 tiene alguna propiedad que la relacione con alguna instancia del Concepto C1.
Concepto (C1) – Propiedad (P1)	CP		Si existe alguna sentencia, donde la propiedad P1 tenga como sujeto a una instancia del concepto C1.
Instancia (I1) – Instancia (I2)	II		Si la Instancia I1 tiene una o varias relaciones con la Instancia I2.
Instancia (I1) – Propiedad (P1)	IP		Si existe alguna sentencia, donde la propiedad P1 tenga como sujeto a la Instancia I1.
Propiedad (P1) – Concepto (C1)	PC		Si existe alguna sentencia, donde la propiedad P1 tenga como objeto a una instancia del concepto C1.
Propiedad (P1) – Instancia (I1)	PI		Si existe alguna sentencia, donde la propiedad P1 tenga como objeto a la Instancia I1.
Propiedad - Propiedad	No se considera, debido a que es necesario un concepto o instancia que enlace las dos propiedades.		

Tabla 8. Sentencias SPARQL para cada relación identificada

Tipo de entidades semánticas involucradas	Nombre de la Relación identificada	Sentencia SPARQL
Concepto (C1) – Concepto (C2)	CC	<pre>{?Instancia_C1 ?propiedad_C1_C2 ?Instancia _C2 .} UNION {?Instancia _C2 ?propiedad_C1_C2 ?Instancia _C1 .} ?Instancia _C1 rdf:type <URI_C1> . ?Instancia _C2 rdf:type <URI_C2> .</pre>
Concepto (C1) – Instancia (I1)	CI (o IC)	<pre>?Concepto_C1 rdf:type < URI_C1> FILTER (?Concepto_C1 = <URI_I1>).</pre>
Concepto (C1) – Instancia (I1)	CPI (o IPC)	<pre>{?Instancia_C1 ?propiedad_C1_I1 <URI_I1> .} UNION {<URI_I1> ?propiedad_C1_I1 ?Instancia _C1 .} ?Instancia _C1 rdf:type <URI_C1> . FILTER (?propiedad_C1_I1 != rdf:type) .</pre>
Concepto (C1) – Propiedad (P1)	CP	<pre>?Instancia_C1 <URI_P1> ?Instancia_Rango_P1 . ?Instancia_Dominio_P1 <URI_P1> ?Instancia_Rango_P1 . ?Instancia _C1 rdf:type <URI_C1> . FILTER (?Instancia_C1 = ?Instancia_Dominio_P1) . **Revisar Implementación</pre>
Instancia (I1) – Instancia (I2)	II	No es necesario crear una sentencia SPARQL para esta relación
Instancia (I1) – Propiedad (P1)	IP	No es necesario crear una sentencia SPARQL para esta relación
Propiedad (P1) – Concepto (C1)	PC	<pre>?Instancia_Dominio_P1 <URI_P1> ?Instancia_C1 . ?Instancia_Dominio_P1 <URI_P1> ?Instancia_Rango_P1 . ?Instancia _C1 rdf:type <URI_C1> . FILTER (?Instancia_C1 = ?Instancia_Rango_P1) . **Revisar Implementación</pre>
Propiedad (P1) – Instancia (I1)	PI	<pre>FILTER (?Instancia_Rango_P1 = <URI_I1>) .</pre>

5.3. Ranking de Resultados

El proceso de construcción de consultas formales, puede dar como resultado una gran cantidad de consultas que posteriormente serán ejecutadas. Aquí puede surgir un inconveniente debido a que la ejecución de estas consultas puede entregar una cantidad muy elevada de resultados. Por lo tanto se ha visto necesario incluir un mecanismo que permita ordenar los resultados de la búsqueda, de forma que se intente colocar en primer lugar los resultados que se consideren más importantes y relevantes para la consulta ingresada por el usuario. Esto es lo que se conoce como ranking de resultados.

Para realizar el ranking de resultados se puede aprovechar de una de las características con la que cuentan las ontologías como lo es la heterogeneidad de relaciones (Jindal et al., 2014). Esto se refiere a que en una ontología cada entidad se relaciona con otras entidades semánticas a través de diferentes tipos de relaciones, donde cada una de estas relaciones tiene un nivel de importancia o relevancia diferente para dicha entidad.

Para poder implementar esta característica, en primer lugar fue necesario tomar cada uno de los conceptos de la ontología y obtener todas sus propiedades ya sea de datos o de objetos para luego, mediante el uso de anotaciones, asignarles un valor numérico. Este valor representa el grado de importancia de la propiedad respecto al concepto considerado. Para propósitos de este trabajo, los pesos han sido asignados arbitrariamente, tomando en consideración qué propiedades son más y menos relevantes para cada concepto. Como regla general a las propiedades de datos se les ha asignado un peso mayor que a las propiedades de

objetos, ya que estas por lo general son descriptores directos, de la entidad semántica a la que pertenecen y por lo tanto son más relevantes.

Para calcular la puntuación de un resultado, aparte de la instancia que representa este resultado se requiere también conocer todas las entidades semánticas del grupo de búsqueda que se utilizó para generar este resultado. Debido a que cada una de estas entidades debe estar relacionada con la instancia resultado por medio de alguna propiedad según se constata en el proceso de construcción de las consultas, entonces simplemente se realiza una sumatoria de los pesos correspondientes a cada una de estas propiedades y este será el puntaje final para dicho resultado.

5.4. Categorización de Resultados

Además del ranking de resultados, para facilitar y agilizar la navegación por los resultados de búsqueda, en este trabajo se propone un sistema de categorización de resultados. El objetivo es que el usuario pueda navegar de forma rápida y eficiente por el conjunto de resultados hasta llegar a él o los elementos buscados. Este mecanismo basa su funcionamiento en el uso de ciertas propiedades e información presente en la ontología, como se describe a continuación.

El enfoque propuesto presenta un sistema de visualización de resultados mediante categorización por niveles, de forma que el usuario para encontrar el resultado buscado en primer lugar deberá seleccionar una categoría específica. En el sistema, las categorías y subcategorías se definen utilizando el árbol de jerarquía de conceptos de la ontología, donde el usuario puede recorrer desde conceptos más generales hasta los más específicos según avance por la jerarquía de conceptos. Dado que los resultados de las búsquedas pueden ser únicamente de tres clases generales (Persona, Lugar o Actividad), estas definen las tres categorías básicas. A partir de las categorías básicas se presenta al usuario únicamente las subcategorías (subconceptos) para las cuales existan resultados, reduciendo así la cantidad de pasos que el usuario necesitará para encontrar la categoría adecuada. Una vez encontrado la categoría únicamente se visualizarán los resultados pertenecientes a la categoría seleccionada. De esta manera se evita sobrecargar la pantalla de resultados con una gran cantidad de ítems facilitando al usuario encontrar el o los elementos buscados.

Hasta este punto la única información que se tiene de cada instancia resultado es su URI. El cual es un identificador que permite ubicar la instancia dentro de la ontología. Debido a esto, previo al envío de los resultados al dispositivo móvil para su presentación al usuario, es necesario recuperar desde la ontología, toda la información que será visualizada de cada instancia. Esta información se encuentra representada en la ontología a través de las propiedades tanto de datos como de objeto de la instancia. Dado que algunas de estas propiedades pueden no resultar relevantes como para ser presentadas al usuario, entonces ha sido necesario previamente definir que propiedades son las más relevantes para cada concepto en la ontología, a estas propiedades se les ha agregado una anotación que puede ser de tres tipos según se indica en la Tabla 9. De esta forma, al momento de visualizar una instancia resultado la cual corresponde a un concepto específico, únicamente se visualizarán los valores de las propiedades marcadas con dichas anotaciones.

Tabla 9. Anotaciones de las Propiedades de Datos

Anotación	Descripción
anotDescripcion	Indica, que información de cada entidad semántica se presentará al usuario, en las, listas de resultados generales.
anotInfPrincipal	Indican la información que se presentará al usuario cuando entre en el detalle de una determinada entidad semántica.
anotInfSecundaria	

Una vez que el dispositivo móvil recibe los mapas estos son almacenados de manera local, de esta forma se evita realizar más llamados al servidor. Con los mapas ya disponibles en la aplicación móvil, lo siguiente es que el usuario pueda seleccionar el resultado buscado, dentro del conjunto de resultados obtenidos. Como ya se ha mencionado, para evitar una sobrecarga de información en relación a los resultados de la búsqueda semántica, se implementó un mecanismo para que el usuario pueda navegar por los resultados de búsqueda agrupándolos por categorías. Este proceso se detalla a continuación:

6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS CON REALIDAD AUMENTADA

La última etapa del sistema es la presentación de los resultados al usuario, a través de la aplicación móvil. En donde se destaca la opción de presentar la ubicación física de los resultados de búsqueda, sean personas, actividades o lugares, a través de Realidad Aumentada. A continuación, se explica el flujo que se sigue en la aplicación móvil desde que el usuario ingresa la consulta por palabras clave hasta que se visualizan los resultados.

En primera instancia se presenta al usuario una pantalla de búsqueda, donde debe introducir las palabras clave, una vez ingresados dichos parámetros la aplicación llama al servicio web de búsqueda semántica descrito en las secciones previas, el servidor procesa el requerimiento con los parámetros recibidos y genera cuatro estructuras de datos de tipo mapa, que serán retornados en el servicio web. Los mapas generados se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Mapas generados

Mapa	Descripción
Mapa de clasificación de conceptos	En este mapa cada entrada contiene como clave la URI del concepto padre, y como valor una lista de los conceptos hijos correspondientes.
Mapa de índice de conceptos	En este mapa cada entrada contiene como clave la URI del concepto, y como valor un objeto con los datos referentes al concepto.
Mapa de instancias por concepto	En este mapa cada entrada contiene como clave la URI de un concepto, y como valor una lista de las instancias que pertenecen a dicho concepto.
Mapa de índice de instancias	En este mapa cada entrada contiene como clave la URI de la instancia, y como valor un objeto que almacena la información de la instancia que posteriormente será visualizada, entre esta información se encuentra las coordenadas geoespaciales en caso de que dicha instancia posee esta propiedad.

Una vez que el dispositivo móvil recibe los mapas estos son almacenados de manera local, de esta forma se evita realizar más llamados al servidor.

Con los mapas ya disponibles en la aplicación móvil, lo siguiente es que el usuario pueda seleccionar el resultado buscado, dentro del conjunto de resultados obtenidos.

Como ya se ha mencionado, para evitar una sobrecarga de información en relación a los resultados de la búsqueda semántica, se implementó un mecanismo para que el usuario pueda navegar por los resultados de búsqueda agrupándolos por categorías. Este proceso se detalla a continuación:

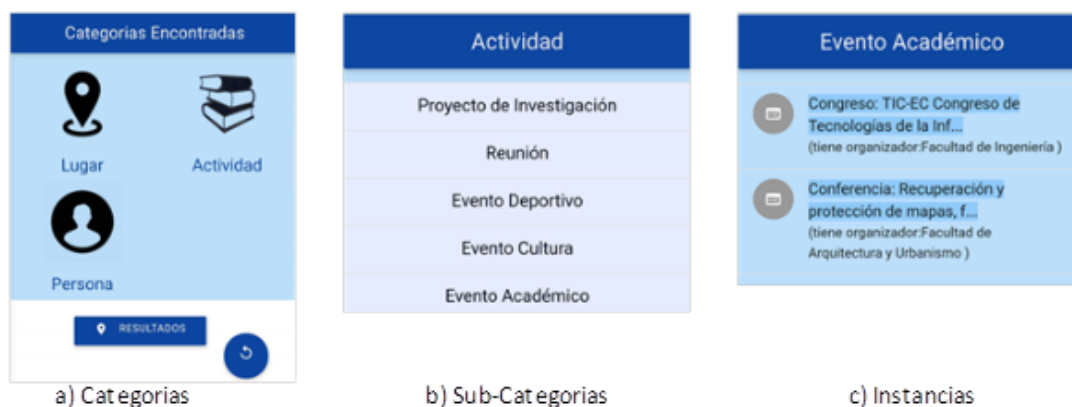


Figura 6. Ventanas de la aplicación

1. Usando el mapa de clasificación de conceptos, se muestra al usuario una pantalla donde se listan las categorías principales (Lugar, Persona, Actividad) (Figura 6a). Aquí también se ha incluido la opción de visualizar por realidad aumentada todas las ubicaciones (siempre y cuando existan), de las instancias resultado. Para ello fue necesario incluir en la información recuperada de la instancia los datos geoespaciales (latitud, longitud y altitud) correspondiente. En la visualización a través de la vista de realidad aumentada (Figura 7), se muestran etiquetas que contienen la descripción de cada instancia localizada en la ubicación correspondiente. Además se ha incluido un radar donde se visualizan la ubicación de las instancias respecto a la posición actual del usuario. Fue necesario incluir también una opción para limitar el rango de instancias visualizadas especificando la distancia en metros (Figura 8), de forma que únicamente se visualizan las etiquetas de las instancias dentro del radio especificado tomando como centro la ubicación del usuario.



Figura 7. Vista de puntos de interés con realidad aumentada

2. Luego que el usuario selecciona la categoría principal, el siguiente paso es visualizar una lista de subcategorías correspondientes (Figura 6b). En caso de existir más subcategorías derivadas de estas, únicamente se visualizarán las sub-categorías del nivel más bajo de modo que en el siguiente paso ya no se tenga que seleccionar nuevamente una subcategoría.



Figura 8. Especificación del radio de visualización

- Una vez seleccionada la subcategoría específica, se visualiza una lista de las instancias resultado (Figura 6c), que pertenecen a dicha categoría. Para esto se hace uso del mapa de instancias por concepto.

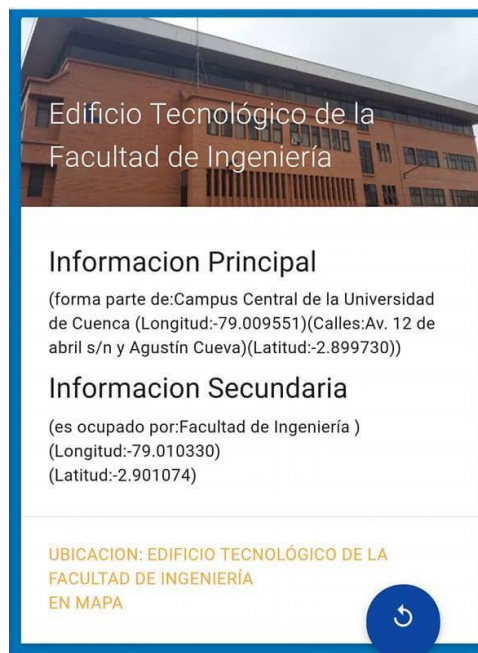


Figura 9. Información detallada del resultado

- Finalmente cuando el usuario selecciona una de las instancias del paso previo, se muestra información detallada de la instancia (Figura 9), para lo cual se emplea el mapa de índice de instancias. De forma similar a lo mencionado en el paso 1, aquí también se incluye la opción de visualizar ya sea por medio de un mapa 2D estático o por una vista de realidad aumentada la ubicación de la instancia seleccionada. Adicionalmente en la vista de realidad aumentada se ha incluido un marcador que apunta a dicha ubicación para facilitar la orientación del usuario.

7. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para ilustrar el proceso que sigue el sistema para buscar y entregar al usuario los resultados, en esta sección se presentan dos casos de prueba.

7.1. Caso de prueba 1

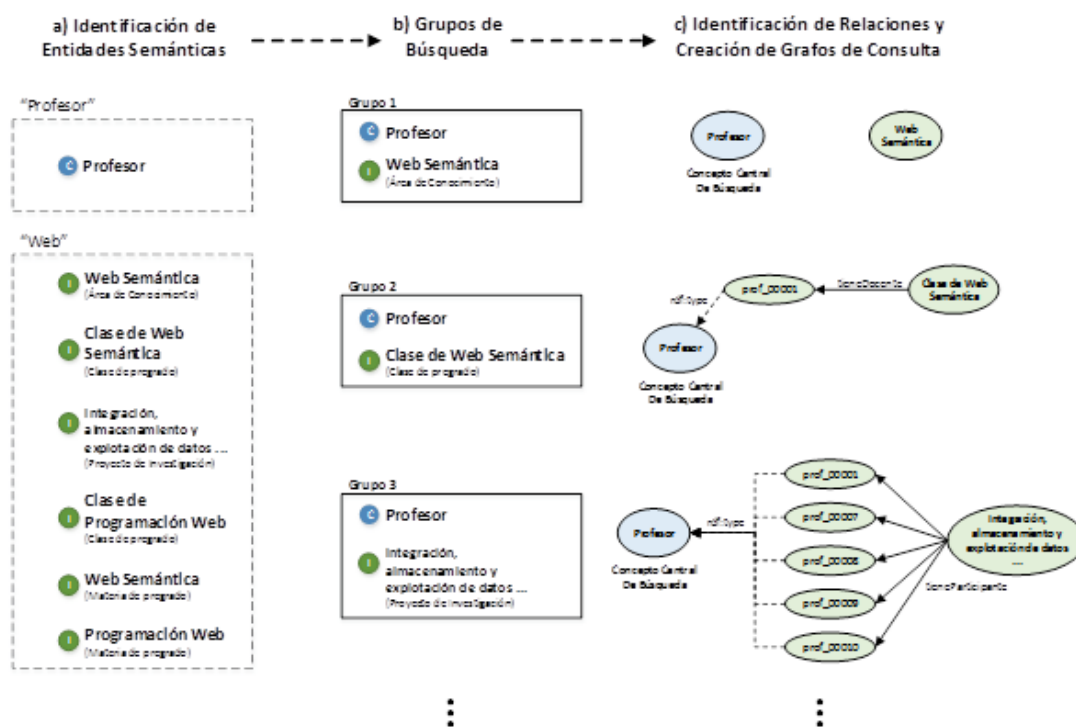


Figura 10. Representación gráfica del caso de prueba 1.

Como primer caso de prueba, imaginemos un alumno que está buscando profesores que conozcan sobre tecnologías web. Una forma de expresar esta consulta por medio de palabras clave sería la siguiente: "Profesor Web". Estas palabras son las que el sistema toma como entrada y a partir de aquí se realiza el proceso de búsqueda semántica como se describe a continuación:

7.1.1. Identificación de Entidades semánticas

Inmediatamente después de que el usuario ingresa la consulta, comienza el proceso de identificación de entidades semánticas, del cual se obtendrán los conjuntos de entidades que correspondan a las palabras clave. Aquí en primer lugar se trata de determinar si las dos palabras ingresadas corresponden a una entidad semántica o a dos entidades distintas, para ello primero se realiza el proceso de identificación de entidades semánticas tomando como entrada la consulta completa "Profesor Web", dado que en el índice no hay ningún registro que contenga las dos palabras, no se obtiene ningún resultado, por lo que se procede a separar la consulta en dos palabras, en este caso "Profesor" y "Web". De manera similar para cada una de estas palabras se realiza el proceso de identificación de entidades semánticas. Para la palabra "Profesor" únicamente el sistema identifica el concepto "Profesor", mientras que para la palabra "Web" se identifican 6 instancias como se observa en la figura 10a. A partir de estos dos conjuntos se crean los grupos de búsqueda combinando cada elemento del primer conjunto con

cada elemento del segundo conjunto. En la figura 10b, se puede observar los grupos obtenidos de estas combinaciones.

7.1.2. Construcción de consultas formales

Una vez obtenidos los grupos de búsqueda, se procede a analizar cada uno de estos grupos de manera independiente. El objetivo de este análisis es construir una o varias consultas que enlacen todas las entidades semánticas del grupo. Aquí hay que tener en cuenta que lo que se intenta obtener como resultado de la búsqueda son instancias de las clases o conceptos Persona, Lugar o Actividad, o de cualquiera de sus subclases. Por esta razón, en primer lugar es necesario identificar si existen entidades semánticas en el grupo que correspondan a cualquiera de estos conceptos. De ser así estas entidades del grupo, pasan a considerarse como conceptos centrales de búsqueda y se intentará construir una consulta formal por cada uno de los conceptos centrales identificados. Donde el concepto central determina de qué tipo o clase serán los resultados que finalmente se obtendrán al momento de ejecutar la consulta formal.

Como se puede observar en la figura 10c, para el primer grupo de búsqueda conformado por el concepto “Profesor” y por la instancia “Web Semántica” del tipo “Área de conocimiento”, el concepto central que se ha identificado es el concepto “Profesor”, pero no se han podido encontrar relaciones válidas, es decir no hay relaciones que enlacen la entidad “Profesor”, con la entidad “Web Semántica” según la reglas definidas en la tabla 6, por lo que no se crearán consultas para este grupo. Por otro lado, en el segundo grupo, el concepto central identificado es “Profesor”, y además se ha encontrado una relación del tipo CPI, según se define en la tabla 6, entre el concepto “Profesor” y la instancia “Clase de Web Semántica”, como ya no quedan más entidades semánticas por enlazar dentro del grupo, entonces se considera un grafo válido y se procede a crear la consulta utilizando la plantilla correspondiente a la relación CPI, según la tabla 7, obteniendo como resultado la consulta:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT DISTINCT ?Profesor WHERE{
  {
    ?Profesor ?propiedadProfesorclase_preg_web_sem_1 <http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#clase_preg_web_sem_1> .
  }
  UNION
  {<http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#clase_preg_web_sem_1> ?propiedadProfesorclase_preg_web_sem_1 ?Profesor .}
  ?Profesor rdf:type <http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#Profesor> .
  FILTER(?propiedadProfesorclase_preg_web_sem_1 != rdf:type).
}
```

De esta manera se siguen analizando los demás grupos y generando las consultas correspondientes. En la figura 10c, se puede observar cómo se relacionan las entidades semánticas dentro de cada grupo de búsqueda. Aquí se presenta como cada grupo de búsqueda toma como raíz un concepto central y partir de este se intentan enlazar las demás entidades semánticas, generando un grafo, que es la representación gráfica de la consulta a construir.

Una vez que se han analizado todos los grupos y se han generado todas las consultas posibles, se procede con la ejecución de dichas consultas. En este ejemplo los resultados obtenidos de la ejecución de las consultas son los siguientes:

- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#prof_00001
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#prof_00005
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#prof_00008
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#prof_00007
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#prof_00009

- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#prof_00010

En la figura 10c, se puede observar como cada instancia resultado, se relaciona con las entidades del grupo de búsqueda correspondiente.

7.1.3. Ranking de Resultados

Para ordenar los resultados se toma en consideración el peso que se ha asignado a las relaciones involucradas en la construcción de los grafos. Si tomamos como ejemplo el Grupo de Búsqueda 2, se puede observar que la instancia resultado `prof_00001`, se enlaza con la instancia “Clase de Web Semántica”, a través de la relación “tiene docente”. Por otro lado si tomamos el Grupo de Búsqueda 3, de aquí se obtienen otros cinco resultados que de igual forma corresponden al concepto Profesor pero en este caso están unidos a la instancia “Proyecto de Integración, Almacenamiento...” por medio de la relación “tiene participante”. Previamente en el sistema se consideró que para el concepto Profesor es más relevante la relación con el concepto Clase, que con el concepto Proyecto. Por lo tanto se asignó un peso mayor a dicha relación, ocasionando que al momento de calcular el puntaje las instancias que han sido enlazadas con la relación “tiene docente” tengan un puntaje mayor que las instancias enlazadas con la relación “tiene participante”. En este caso el concepto `prof_00001` aparecerá primero en la lista de resultados ya que posee un puntaje mayor, mientras que los restantes cinco resultados aparecerán a continuación sin un orden en particular ya todos ellos ocupan únicamente la relación “tiene participante” ocasionando que tengan el mismo puntaje.

7.1.4. Categorización de Resultados

Una vez ordenado los resultados, el siguiente paso es la categorización de estos, para la presentación a los usuarios. Debido a que todos los resultados pertenecen al concepto Profesor, y este concepto a su vez es un subconcepto del concepto padre Persona, entonces en primer lugar se presenta al usuario la categoría Persona, luego Profesor y finalmente se visualiza los datos de las instancias resultados. La presentación al usuario en la aplicación móvil se detalla en la siguiente sub-sección de presentación de resultados.

Con los resultados ya ordenados y categorizados, el siguiente paso es obtener la información de cada instancia resultado que finalmente será lo que se presente al usuario. Esta información es extraída de la ontología, para lo cual se utilizan las anotaciones indicadas en la tabla 8, de forma que para cada instancia resultado los datos recuperados serán los que correspondan a propiedades de datos marcados con dichas anotaciones. En este caso, para el concepto profesor se han realizado las siguientes anotaciones en sus propiedades:

- Descripción (`anotDescripcion`):
 - `honorific-prefix`(Prefijo honorifico), `apellidoPaterno`, `apellidoMaterno`, `primerNombre` y `segundoNombre`
- Información Principal (`anotInfPrincipal`):
 - `cedula`, `esMiembroDeFacultad`
- Información Secundaria (`anotInfSecundaria`):
 - `celular`, `email`, `teléfono`, `tieneOficina`, `ocupaCargo`

A manera de ejemplo en la tabla 11, se puede observar los datos que se han recuperado para una instancia del concepto profesor, según las anotaciones indicadas anteriormente.

Tabla 11. Ejemplo de datos recuperados para una instancia del concepto profesor

Anotación	Datos Recuperados
Descripción (anotDescripcion)	-honorific-prefix:ing -apellidoPaterno:Vanegas -apellidoMaterno:(No hay datos) - primerNombre: Pablo - segundoNombre: (No hay datos)
Información Principal (anotInfPrincipal)	- cedula: 1000000008 - esMiembroDeFacultad: Facultad de Ingeniería
Información Secundaria (anotInfSecundaria)	- celular: (No hay datos) - email: pablo.vanegas@ucuenca.ec - teléfono: 28000008- tieneOficina: Oficina 306 - ocupaCargo: Rector de la Universidad de Cuenca

De esta forma en las listas de resultados generales únicamente se visualizarán los valores de las propiedades apuntadas con la anotación “anotDescripcion”, mientras que al entrar en la pantalla donde se visualiza información detallada de una de las instancias se visualizarán también los valores de las propiedades marcadas con las anotaciones “anotInfPrincipal” y “anotInfSecundaria”, como se describe en la siguiente subsección.

7.1.5. Presentación de Resultados

Con los resultados ya ordenados, categorizados y con la información ya recuperada para cada uno de ellos. El siguiente paso es el envío de esta información al dispositivo móvil.

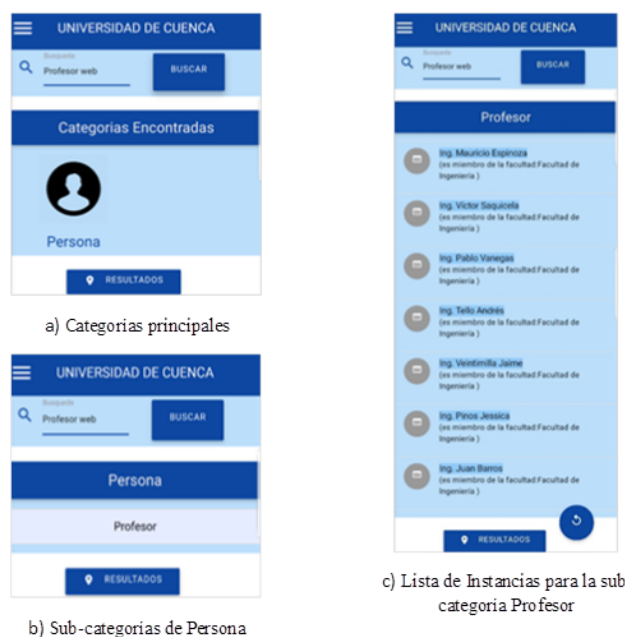


Figura 11. Pantallas de presentación de resultados para el caso de prueba 1

En la aplicación móvil en primer lugar se presentan las categorías principales para las cuales existen instancias resultado, en este caso únicamente se visualiza la categoría Persona (Figura 11a). A continuación, al seleccionar una de las categorías principales, se listarán todas las subcategorías correspondientes (Figura 11b). De manera similar al seleccionar una de las sub-categorías, se presentara la lista de instancias resultado correspondientes a la subcategoría elegida (Figura 11c). Finalmente para ver los detalles de un resultado específico, el usuario lo selecciona de la lista y se presentan una descripción más completa de la instancia (Figura 12).

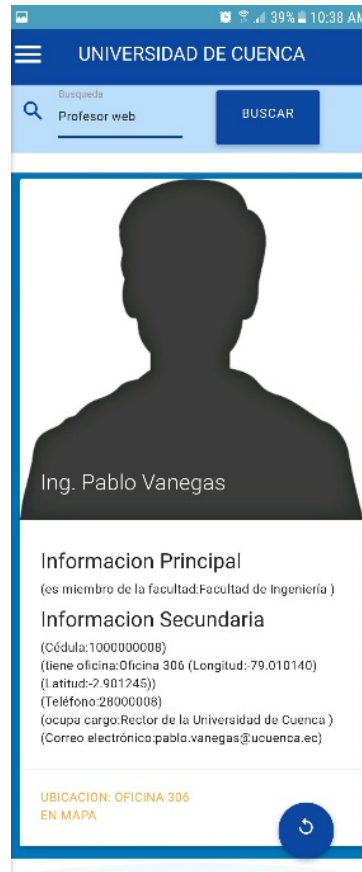


Figura 12. Pantalla de presentación de detalles de la instancia resultado

7.1.6. Presentación de Resultados con Realidad Aumentada

En la aplicación móvil, el usuario tiene la opción de visualizar los resultados de búsqueda, por medio de una vista de realidad aumentada. Como se mencionó en la sección de presentación de resultados con realidad aumentada, la vista de realidad aumentada ofrece ciertos elementos visuales que ayudan al usuario en la localización del resultado requerido. En la figura 13 se puede observar la vista de realidad aumentada generada para este ejemplo en particular, aquí se observa cómo se han añadido cuadros flotantes con el nombre o descripción de cada uno de los resultados de búsqueda, ubicados en su posición geográfica correspondiente, además del radar con todos los resultados y la opción de limitar el radio de visualización. Al seleccionar uno de los resultados también se presenta un cuadro informativo donde se indica la distancia entre el resultado seleccionado y la posición actual del usuario, tal como se observa en la figura 13b.

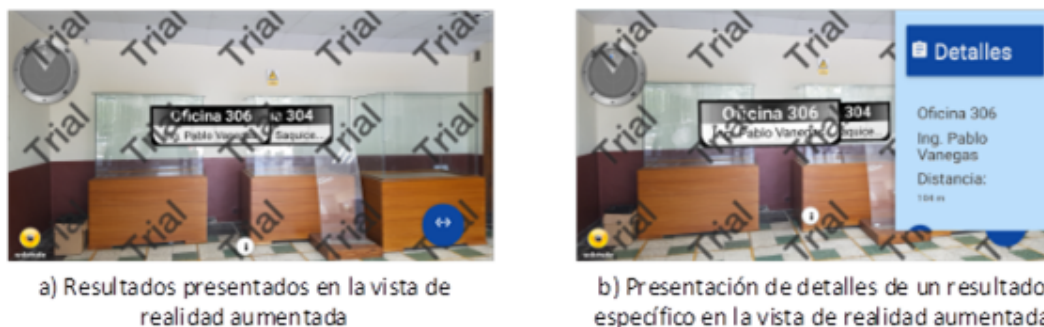


Figura 13. Presentación de los resultados del caso de prueba 1 por medio de la vista de realidad aumentada

7.2. Caso de prueba 2

Para el segundo ejemplo, se puede considerar a una persona que se encuentra en la Universidad de Cuenca, buscando un evento en la facultad de ingeniería, y desea saber en qué lugar se realizará. Una consulta por medio de palabras clave, que realizaría esta persona puede ser: “Lugar Evento Ingeniería”. De manera similar al caso de prueba 1, a continuación se detalla el proceso a seguir para realizar la búsqueda semántica a partir de esta consulta y la presentación de resultados al usuario.

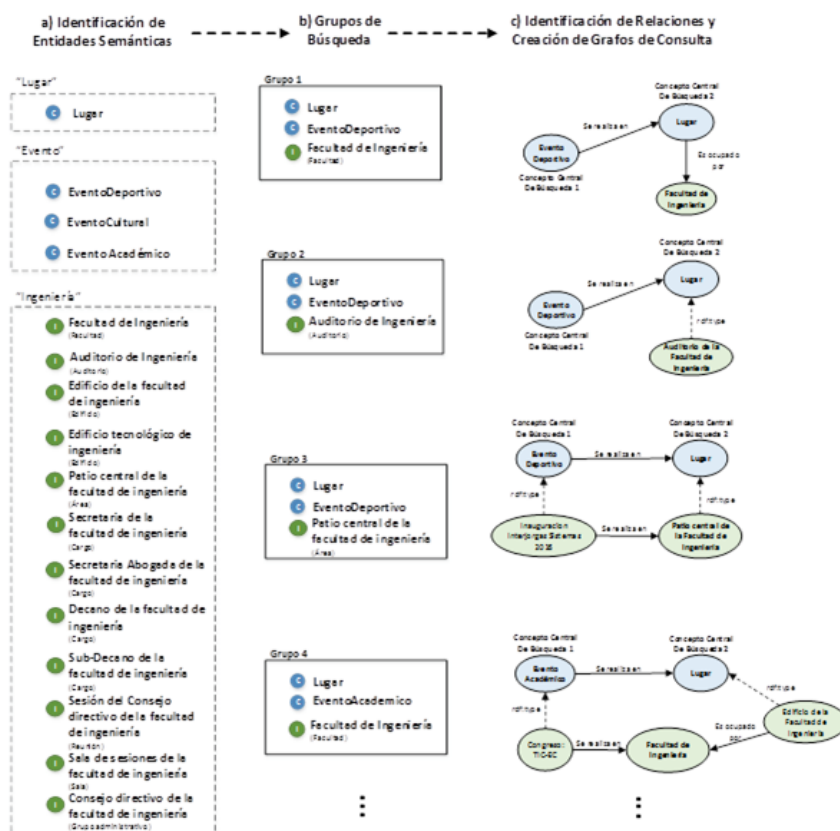


Figura 14. Representación gráfica del caso de prueba 2.

7.2.1. Identificación de Entidades semánticas

El proceso de identificación de entidades semánticas, inicia tratando de determinar si las tres palabras ingresadas “Lugar”, “Evento” e “Ingeniería” corresponden a una, dos o tres entidades semánticas distintas. Como al intentar identificar las entidades semánticas tomando las tres palabras no se obtiene ningún resultado, se procede a tomar las palabras de dos en dos con lo que tampoco se obtiene ningún resultado, por lo tanto se procede a realizar el mismo proceso pero tomando las palabras de una en una con lo que finalmente se obtienen tres conjuntos de entidades semánticas (un conjunto por cada palabra). Como puede observarse en la figura 14a, el primer conjunto de entidades semánticas correspondiente a la palabra clave “Lugar”, contiene un solo elemento, el concepto “Lugar”. El segundo conjunto de entidades correspondiente a la palabra “Evento”, contiene tres elementos los cuales corresponden a los tres tipos de eventos definidos en la ontología. El tercer conjunto de entidades semánticas contiene doce elementos, los cuales son instancias, de distintos conceptos, en las cuales sus nombres o descripciones contienen la palabra “Ingeniería”. A partir de estos conjuntos, se crean los grupos de búsqueda en este caso como existen tres conjuntos de entidades semánticas, entonces cada grupo de búsqueda estará formado por tres elementos (uno de cada conjunto). En este caso se han creado un total de 36 grupos de búsqueda. A manera de ejemplo en la figura 14b, se muestran algunos de los grupos de búsqueda creados.

7.2.2. Construcción de consultas formales

Continuando con el proceso, el siguiente paso es analizar cada uno de los 36 grupos de búsqueda. En el primer grupo de búsqueda conformado por los conceptos “Lugar” y “Evento deportivo” y por la instancia “Facultad de Ingeniería”, los dos conceptos se pueden considerar como conceptos centrales de búsqueda. Además se han identificado dos relaciones que enlazan las entidades del conjunto, la primera es la propiedad “se realiza en”, la cual es del tipo CC (Tabla 7) entre los dos conceptos, y la segunda es la propiedad “es ocupado por”, de tipo CPI, entre el concepto “Lugar” y la instancia “Facultad de Ingeniería”. Con estas dos relaciones quedan enlazadas todas las entidades del conjunto por lo que se procede a crear la consulta formal utilizando la tabla 8. En este caso como existen dos conceptos que se pueden considerar conceptos centrales, entonces se construyen dos consultas formales, la primera tomando como concepto central el concepto “Evento deportivo” y la segunda tomando como concepto central el concepto “Lugar”. A continuación se presenta las dos consultas generadas:

Consulta generada tomando como concepto central al concepto “Evento Deportivo”:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT DISTINCT ?EventoDeportivo WHERE{
  {
    ?EventoDeportivo ?propiedadEventoDeportivoSpatialThing ?SpatialThing .}
  UNION
  {?SpatialThing ?propiedadEventoDeportivoSpatialThing ?EventoDeportivo .}
  ?EventoDeportivo rdf:type <http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#EventoDeportivo> .
  ?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
  {
    ?SpatialThing ?propiedadSpatialThingfac_ingenieria <http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#fac_ingenieria> .}
  UNION
  {<http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#fac_ingenieria> ?propiedadSpatialThingfac_ingenieria ?SpatialThing .}
  ?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
  FILTER(?propiedadSpatialThingfac_ingenieria != rdf:type).
}
```


Consulta generada tomando como concepto central al concepto “Lugar”:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT DISTINCT ?SpatialThing WHERE{
  {
    ?SpatialThing ?propiedadSpatialThingEventoDeportivo ?EventoDeportivo .}
  UNION
  {?EventoDeportivo ?propiedadSpatialThingEventoDeportivo ?SpatialThing .}
  ?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
  ?EventoDeportivo rdf:type <http://www.uceuca.edu.ec/ontology/appbusqueda#EventoDeportivo> .
  {
    ?SpatialThing ?propiedadSpatialThingfac_ingenieria <http://www.uceuca.edu.ec/ontology/appbusqueda#fac_ingenieria> .}
  UNION
  {<http://www.uceuca.edu.ec/ontology/appbusqueda#fac_ingenieria> ?propiedadSpatialThingfac_ingenieria ?SpatialThing .}
  ?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
  FILTER(?propiedadSpatialThingfac_ingenieria != rdf:type).
}
```

Para el grupo de búsqueda número 2, se tienen los mismos conceptos que el grupo número 1, pero el tercer elemento del grupo es la instancia “Auditorio de la Facultad de Ingeniería”. Los dos conceptos del grupo, se enlazan de igual forma a la que se mencionó en el grupo de búsqueda 1, mientras que para enlazar la instancia se ha identificado una relación del tipo CI entre el concepto “Lugar” y la instancia “Auditorio de la Facultad de Ingeniería”. Con lo que se logra enlazar todas las entidades del grupo y se procede con la construcción de las dos consultas formales indicadas a continuación:

Consulta generada tomando como concepto central al concepto “Evento Deportivo”:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT DISTINCT ?EventoDeportivo WHERE{
  {
    ?EventoDeportivo ?propiedadEventoDeportivoSpatialThing ?SpatialThing .}
  UNION
  {?SpatialThing ?propiedadEventoDeportivoSpatialThing ?EventoDeportivo .}
  ?EventoDeportivo rdf:type <http://www.uceuca.edu.ec/ontology/appbusqueda#EventoDeportivo> .
  ?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
  ?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
  FILTER(?SpatialThing = <http://www.uceuca.edu.ec/ontology/appbusqueda#audit_fac_ing>).
}
```

Consulta generada tomando como concepto central al concepto “Lugar”:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT DISTINCT ?SpatialThing WHERE{
  {
    ?SpatialThing ?propiedadSpatialThingEventoDeportivo ?EventoDeportivo .}
  UNION
  {?EventoDeportivo ?propiedadSpatialThingEventoDeportivo ?SpatialThing .}
  ?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
  ?EventoDeportivo rdf:type <http://www.uceuca.edu.ec/ontology/appbusqueda#EventoDeportivo> .
  ?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
  FILTER(?SpatialThing = <http://www.uceuca.edu.ec/ontology/appbusqueda#audit_fac_ing>).
}
```

En el grupo de búsqueda 3 nuevamente se repiten los dos conceptos “Lugar” y “Evento Deportivo”, y el tercer elemento es la instancia “Patio central de la Facultad de Ingeniería”. Los dos conceptos se enlazan de manera similar a lo explicado para el grupo 1 y 2. En este caso también se ha identificado una relación del tipo CI, que enlaza la instancia con el concepto “Lugar”. Aquí también se ha logrado enlazar todas las entidades por lo que se construye las dos consultas formales respectivas:

Consulta generada tomando como concepto central al concepto “Evento Deportivo”:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT DISTINCT ?EventoDeportivo WHERE{
{
?EventoDeportivo ?propiedadEventoDeportivoSpatialThing ?SpatialThing .}
UNION
{?SpatialThing ?propiedadEventoDeportivoSpatialThing ?EventoDeportivo .}
?EventoDeportivo rdf:type <http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#EventoDeportivo> .
?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
FILTER(?SpatialThing = <http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#patio_cent_fac_ing>).
}
```

Consulta generada tomando como concepto central al concepto “Lugar”:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT DISTINCT ?SpatialThing WHERE{
{
?SpatialThing ?propiedadSpatialThingEventoDeportivo ?EventoDeportivo .}
UNION
{?EventoDeportivo ?propiedadSpatialThingEventoDeportivo ?SpatialThing .}
?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
?EventoDeportivo rdf:type <http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#EventoDeportivo> .
?SpatialThing rdf:type <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing> .
FILTER(?SpatialThing = <http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#patio_cent_fac_ing>).
}
```

De esta manera se continúan analizando los restantes 33 grupos de búsqueda y construyendo las consultas formales correspondientes. En la ejecución de las consultas para los dos primeros grupos no se obtienen resultados, lo que indica que aunque se logró enlazar las entidades del conjunto por medio de propiedades presentes en la ontología, no hay instancias de los conceptos mencionados, que posean estas relaciones.

La ejecución de las dos consultas del tercer grupo de búsqueda da como resultado dos instancias una por cada consulta.

- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#ev_depor_inag_intj_sist_16
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#patio_cent_fac_ing

La primera es la instancia “Inauguración Interjorgas Sistemas 2016”, la cual corresponde al concepto central “Evento deportivo”, mientras que la instancia es “Patio central de la Facultad de Ingeniería” la cual corresponde al concepto central “Lugar”. En la figura 14c, se puede observar cómo se relacionan estas instancias con las entidades del grupo de búsqueda 3.

Al ejecutar todas las consultas generadas para los 36 grupos de búsqueda, los resultados obtenidos son los siguientes:

- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#cong_ing_1
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#patio_cent_fac_ing
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#ev_depor_inag_intj_sist_16

- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#edificio_fac_ing
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#edif_tec_ing
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#teatro_carlos_cueva
- http://www.ucuenca.edu.ec/ontology/appbusqueda#auditorio_fac_ing

7.2.3. Ranking de Resultados

Una vez obtenidas todas las instancias resultado se realiza el proceso para ordenar los resultados según su relevancia. A manera de ejemplo para este caso de prueba, se describe a continuación cómo se realiza el ordenamiento de las dos instancias resultado del grupo 3, que analizamos previamente. Como puede observarse en la figura 14c, tomando como concepto central ya sea al concepto “Evento Deportivo” o al concepto “Lugar”, se obtienen las mismas relaciones que enlazan las entidades de este grupo. Para realizar el ordenamiento, la diferencia está en la dirección de las propiedades, ya que como puede observarse, la propiedad “se realiza en” parte del concepto “Evento deportivo” hacia el concepto “Lugar” y no se ha definido una propiedad inversa. Por lo tanto los resultados obtenidos al tomar como concepto central a “Evento deportivo” tendrán un puntaje mayor, que los resultados obtenidos tomando como concepto central al concepto “Lugar”. Esto es debido a que previamente en el diseño de la ontología y al momento de asignar los pesos a las propiedades se ha considerado que los eventos deportivos se realizan por lo general en un lugar específico, por lo tanto el lugar tiene una relevancia alta para un evento deportivo, por otro lado un lugar puede abarcar cualquier cantidad de eventos deportivos, por lo tanto un evento deportivo en particular no es representativo para el lugar. De esta forma al comparar únicamente los dos resultados generados a partir del grupo de búsqueda 3, en primer lugar se ubicaría la instancia “Inauguración Interjorgas Sistemas 2016” y en segundo lugar la instancia “Patio central de la Facultad de Ingeniería”.

7.2.4. Categorización de Resultados

Para la categorización de resultados, se han identificado a qué clase pertenece cada uno de las instancias resultado y posteriormente se han agrupado estas clases en las categorías principales. En este caso la categorización final queda definida de la siguiente forma. Se han encontrado dos categorías principales, las cuales son “Lugar” y “Actividad”. La categoría “Lugar” contiene las siguientes subcategorías:

- Auditorio
- EdificioAdministrativo
- EdificioFacultad
- Area

Mientras que la categoría “Actividad” contiene las subcategorías:

- EventoAcademico
- EventoDeportivo

El siguiente paso es la obtención de la información correspondiente a cada resultado, para lo cual se utilizan las anotaciones de las propiedades de los conceptos de la ontología, tal y como se indicó en el ejemplo 1.

7.2.5. Presentación de Resultados

Una vez que se han enviado al dispositivo móvil los datos de los resultados ya ordenados y categorizados, se procede a la presentación de dichos resultados al usuario. En la figura 15 se puede observar la navegación que realizaría el usuario, primero por las categorías (figura 15a), luego por las subcategorías (figura 15b) hasta la lista de instancias resultados de una subcategoría específica (figura 15c).

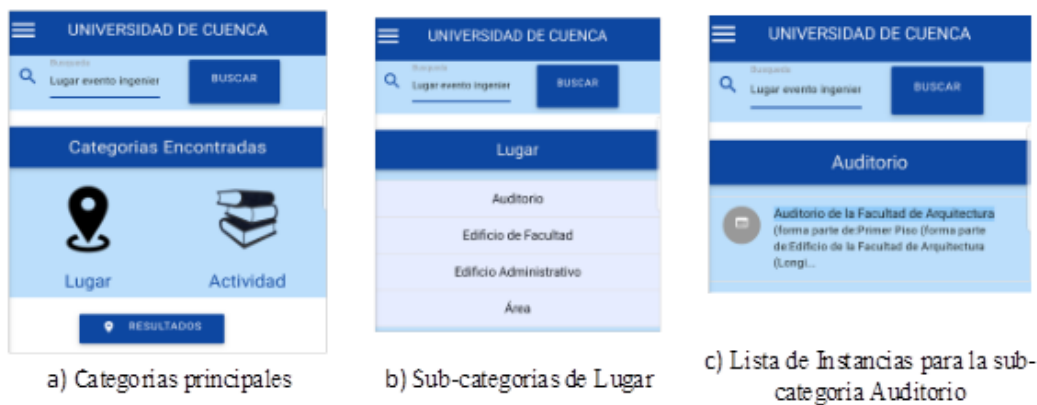


Figura 15. Pantallas de presentación de resultados para el caso de prueba 2

Finalmente de la lista de instancias resultado, el usuario selecciona el resultado deseado y se presenta la información tal como se indica en la figura 16, para el caso que se seleccione el resultado “Edificio de la Facultad de Ingeniería”.



Figura 16. Pantalla de presentación de detalles de la instancia resultado

7.2.6. Presentación de Resultados con Realidad Aumentada

La visualización de resultados por medio de la vista de realidad aumentada, se puede observar en la figura 17. En donde se presenta tanto la visualización general de todos los resultados (figura 17a), y también la vista de los detalles de un resultado específico (figura 17b), que se presenta al seleccionar una de las etiquetas en este caso la etiqueta correspondiente al “Edificio de la Facultad de Ingeniería”.

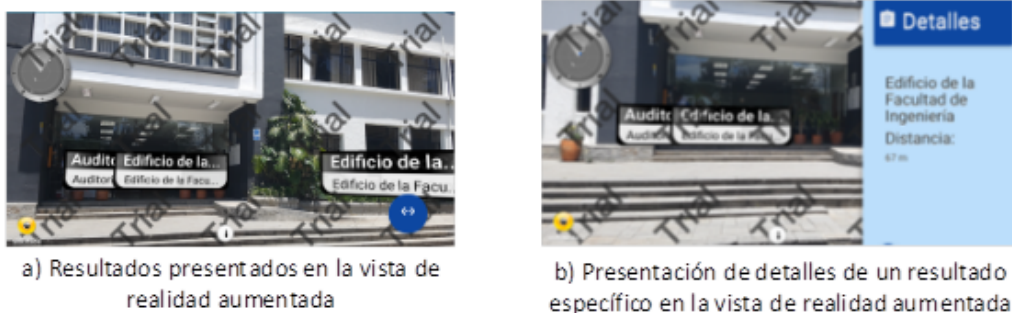


Figura 17. Presentación de los resultados del caso de prueba 2 por medio de la vista de realidad aumentada

8. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado el desarrollo y funcionamiento de una aplicación móvil interactiva la cual tiene por objetivo la búsqueda de lugares, actividades o personas en el contexto de un campus Universitario. Para la búsqueda de los resultados se ha implementado un motor de búsqueda semántica, el cual tiene como núcleo la ontología que modela una Universidad la cual ha sido desarrollada siguiendo la metodología NeOn. Aquí se ha podido constatar como la ontología es uno de los elementos principales en este tipo de sistemas ya que nos permite almacenar las diferentes entidades del dominio, así como también relaciones y/o restricciones que puedan existir entre ellas. Según el enfoque propuesto en este trabajo, resulta de gran importancia que la ontología se adapte a las necesidades del sistema, considerando cuestiones tales como, la distancia entre entidades semánticas, la definición de ciertas propiedades inversas cuando sea necesario, la creación de diferentes tipos de anotaciones entre otras. En este tipo de sistemas, un factor importante es el tiempo de respuesta, en este ámbito la indexación de entidades semánticas ha permitido que el proceso de identificación de entidades semánticas se lo realiza en un tiempo relativamente corto, lo que a la final ayuda a reducir el tiempo de entrega de resultados al usuario. Otro factor importante en el sistema ha sido la definición de reglas para determinar si dos entidades semánticas pueden o no estar relacionadas. Mediante la definición de estas reglas se ha logrado tener un mayor control sobre qué tipo de relaciones de la ontología serán consideradas al momento de realizar la búsqueda. Además al tratarse de reglas genéricas, se logra un cierto grado de escalabilidad, permitiendo que se puedan realizar modificaciones sobre la ontología o la incorporación de nuevas propiedades, conceptos o instancias. Con el mecanismo implementado para el ordenamiento y clasificación de resultados se ha logrado evitar sobrecargar la pantalla de resultados con todos los resultados de la búsqueda, si no que se presenta al usuario una forma de navegar por estos, con un máximo de tres pasos. Finalmente con la vista de realidad aumentada que se ha incorporado en el sistema para visualizar la ubicación de los resultados de búsqueda, se ha logrado entregar al usuario una experiencia más inmersiva en comparación a presentar los resultados únicamente en forma de texto o en un mapa 2D..

REFERENCIAS

- Bansal, R. and Chawla, S. (2014). An approach for semantic information retrieval from ontology in computer science domain. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 4(2).
- Bobed, C., Esteban, G., and Mena, E. (2013). Enabling keyword search on linked data repositories: An ontology-based approach. *International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems*, 17(1):67–77.
- Descamps-Vila, L., Misterio, J., Conesa Caralt, J., and Pérez Navarro, A. (2011). Cómo introducir semántica en las aplicaciones sig móviles: expectativas, teoría y realidad.
- Fernández, M., Cantador, I., López, V., Vallet, D., Castells, P., and Motta, E. (2011). Semantically enhanced information retrieval: An ontology-based approach. *Web semantics: Science, services and agents on the world wide web*, 9(4):434–452.
- Grubert, J., Langlotz, T., and Grasset, R. (2011). Augmented reality browser survey. *Institute for computer graphics and vision, University of Technology Graz, technical report*, (1101).
- Hervás, R., Bravo, J., Fontecha, J., and Villarreal, V. (2013). Achieving adaptive augmented reality through ontological context-awareness applied to aal scenarios. *J. UCS*, 19(9):1334–1349.
- Jindal, V., Bawa, S., and Batra, S. (2014). A review of ranking approaches for semantic search on web. *Information Processing & Management*, 50(2):416–425.
- Kara, S., Alan, Ö., Sabuncu, O., Akpınar, S., Cicekli, N. K., and Alpaslan, F. N. (2012). An ontology-based retrieval system using semantic indexing. *Information Systems*, 37(4):294–305.
- Kounavis, C. D., Kasimati, A. E., and Zamani, E. D. (2012). Enhancing the tourism experience through mobile augmented reality: Challenges and prospects. *International Journal of Engineering Business Management*, 4:10.
- Lau, S. S. L. and Dew, P. M. (2016). A survey of semantic keyword search approaches. *International Journal of Applied Computer Technology and Information Systems*, 2(2).
- Lei, Y., Uren, V., and Motta, E. (2006). Semsearch: A search engine for the semantic web. In *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*, pages 238–245. Springer.
- Leiva, O. J. L. (2014). *Realidad aumentada bajo tecnología móvil basada en el contexto aplicada a destinos turísticos*. PhD thesis, Universidad de Málaga.
- Martinez-Cruz, C., Blanco, I. J., and Vila, M. A. (2012). Ontologies versus relational databases: are they so different? a comparison. *Artificial Intelligence Review*, pages 1–20.
- Mukhopadhyay, D., Banik, A., Mukherjee, S., Bhattacharya, J., and Kim, Y.-C. (2011). A domain specific ontology based semantic web search engine. *arXiv preprint arXiv:1102.0695*.
- Nixon, L., Grubert, J., Reitmayr, G., and Scicluna, J. (2012). Semantics enhancing augmented reality and making our reality smarter. In *OTM Confederated International Conferences “On the Move to Meaningful Internet Systems”*, pages 863–870. Springer.
- Ortiz, F. M. G. (2012). *UPV-MobARGuide: aplicación Android de realidad aumentada para guía interactiva de la UPV orientada a móviles*. PhD thesis.
- Quevedo Sacoto, A. S. (2015). Realidad aumentada en dispositivos móviles “android” aplicada a la geolocalización de equipamientos de agua potable de emapal-ep. Master’s thesis, Universidad de Cuenca.
- Sangjin, S., Dong-Hoon, S., Jihoon, K., Minjae, S., Sungkwang, E., Kyong-Ho, L., Jinsung, P., Seungwon, L., and Jooyeon, J. (2013). Augmenting mobile search

- engine with semantic web and context awareness. In *Proceedings of the 2013 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT)-Volume 03*, pages 278–279. IEEE Computer Society.
- Suárez-Figueroa, M. C. (2010). *NeOn Methodology for building ontology networks: specification, scheduling and reuse*. PhD thesis, Facultad de Informática (UPM).
- Tamás, M. (2013). Augmented reality supported by semantic web technologies. In *Extended Semantic Web Conference*, pages 682–686. Springer.
- Tamás, M. and Attila, K. (2014). Alive cemeteries with augmented reality and semantic web technologies. *International Journal of Computer Information Science and Engineering*, 8:32–36.
- Te-Lien, C. and Lih-Juan, C. (2012). Augmented reality smartphone environment orientation application: A case study of the fu-jen university mobile campus touring system. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46:410–416.
- Tello, A. L. (2001). Ontologías en la web semántica. *Jornadas de Ingeniería Web*, 1.
- van Aart, C., Wielinga, B., and van Hage, W. R. (2010). *Mobile Cultural Heritage Guide: Location-Aware Semantic Search*, pages 257–271. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Yus, R., Bobed, C., Esteban, G., Bobillo, F., and Mena, E. (2013). Android goes semantic: DL reasoners on smartphones. pages 46–52.
- Zhindón, M. and Martín, G. (2014). Implementación de un sistema de navegación con realidad aumentada basado en puntos conocidos para geo localización de puntos de interés. Master's thesis, Universidad del Azuay.